

目 次

2024年10月 第22卷 第10期

总第267期

国土空间

- 黑龙江省不同用地类型固碳量影响研究 潘宥承, 李朦朦, 吴远翔 (2)
基于低影响开发的滨河缓冲带景观设计研究 史秀 (10)

土地科学

- 中国农户耕地质量保护行为研究现状与展望 李阳, 李全峰 (22)
基于“三生”功能的土地利用转型与生态环境效应——以武汉市为例 叶一衡, 张文慧 (30)
新时代佛山市土地管理制度创新研究 刘玮, 杨欣乐 (40)
建设用地审批中土地勘测定界的主要问题及解决对策探讨——以山东S县为例
..... 陈高同 (48)

技术探索

- GF-1B、C、D卫星数据在国土资源调查监测领域应用研究 李沛权 (55)

CONTENT

Oct.,2024 Vol.22,No.10

Serial No.267

TERRITORIAL SPACE

- Study on the Influence of Carbon Storage by Different Types of Land Use Types in Heilongjiang Province
..... PAN Youcheng, LI Mengmeng, WU Yuanxiang (9)
Research on Landscape Design of Riparian Buffer Zone based on Low Impact Development
..... SHI Xiu (21)

LAND SCIENCE

- Research on the Current Status and Prospects for Farmers' Protection Behaviour of Cultivated Land
Quality in China LI Yang, LI Quanfeng (29)
Land Use Transformation and Ecological Effects based on the Functions of Production-Living-Ecology :
Case Study of Wuhan City YE Yiheng, ZHANG Wenhui (39)
Research on the Innovation of Land Management System in Foshan City in the New Era
..... LIU Wei, YANG Xinle (47)
Discussion on the Problems and Solutions in Land Surveying and Demarcation in the Approval of
Construction Land—Case Study of S County in Shandong Province CHEN Gaotong (54)

TECHNICAL EXPLORATION

- Research on the Application of GF-1B、C、D Satellite Date in the Land Resources Survey and Monitoring
..... LI Peiquan (63)

黑龙江省不同用地类型固碳量影响研究

潘宥承, 李朦朦, 吴远翔*

(哈尔滨工业大学建筑与设计学院,
自然资源部寒地国土空间规划与生态保护修复重点实验室, 哈尔滨 150006)

摘要: 在当前气候变化影响下, 高效发挥生态系统固碳功能已成为区域可持续发展的关键议题。研究旨在探寻影响黑龙江省不同生态用地类型固碳量的关键景观格局特征, 以期为地区碳中和策略提供科学依据和实践指导。利用网格分析法对研究区域进行网格划分, 采用净生态系统生产力(NEP)作为固碳量指标, 通过 Fragstats 软件计算景观格局指标, 使用 SPSS 软件对固碳量及格局指标进行斯皮尔曼相关性分析。研究结果显示, 2000 至 2022 年间黑龙江省林地、耕地和草地的单位面积年均固碳量均呈现出上升趋势, 相关性分析结果发现, 景观面积百分比、最大斑块指数、斑块邻接度、连通度、景观破碎度、聚集度共六个格局指标与黑龙江省林地、耕地固碳量之间存在显著相关性, 并且这些指标对林地与耕地固碳量的正负影响模式相反, 反映出不同生态用地类型在景观配置与碳固存功能上的复杂交互作用。

关键词: 景观格局; 净生态系统生产力; 黑龙江省

中图分类号:X321.7

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2024)10-0002-8

0 引言

温室气体排放引发的气候和环境危机, 对人类未来的生存发展造成威胁, 在此背景下, 碳中和已成为全球共识^[1]。《巴黎协定》确立了将全球平均气温控制在工业化前升温低于 2℃ 的目标, 并为实现升温低于 1.5℃ 的目标而努力, 以减少气候变化带来的风险与影响^[2]。为了响应这一协议, 我国提出力争在 2030 年前二氧化碳排放达到峰值, 2060 年前实现碳中和目标。

实现碳中和的路径总体上可分为碳减排和碳增汇两种方式, 其中陆地碳汇是基于自然的碳增汇重要解决方案^[3]。陆地生态系统碳汇指通过光合作用和碳循环, 将大气中温室气体固定下来的所有过程、活动或机制^[4]。目前, 全球因化石燃料燃烧和土地利用转变排放的碳 31% 被陆地固定, 23% 被海洋固定, 剩余 46% 留存在大气中^[5]。因此, 陆地生态系统的碳循环研究在全球气候变化和碳中和背景下具有十分重要的意义。

中国的陆地生态系统占全球陆地面积的 6.4%, 其净二氧化碳的吸收量占全球吸收量的 10% ~ 30%, 是全球和区域碳循环及其模式研究的重点地区^[6]。林地、耕地、草地是植被覆盖的主要区域, 承担着中国大部分的陆地生态碳汇职能, 其中森林占中国陆地面积的 22.9%, 是陆地碳汇的主体; 耕地占中国陆地面积的 13.3%, 总体表现为明显碳汇; 草地占中国陆地面积的 27.6%, 碳源汇功能尚不明确^[7]。黑龙江省是中国生态省建设试点之一, 全省自然资源丰富, 森林覆盖率高达 47.3%^[8], 耕地面积位居中国第一^[9], 具有很高的生态系统碳循环研究价值。因此, 本文旨在以黑龙江省林地、耕地、草地的景观格局特征及固碳量为研究对象, 通过定量分析揭示景观格局变化对提高固碳效率的具体作用, 从而为地区碳中和策略的制定提供科学依据和实践指导。

1 研究区

黑龙江省位于中国东北部, 地处东经 121°

11°–135°05'，北纬 43°26'–53°33'，总面积 47.3 万 km²。该地区属于寒温带和温带气候，年均降水量 400 ~ 700mm，年均气温 0 ~ 5°C。黑龙江省用地类型主要为林地、耕地和草地，其中林地面积 22.1 万 km²，占比 46.7%；耕地面积 20.2 万 km²，占比 42.7%；草地面积 0.7 万 km²，占比 0.015%。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究数据来源

本文综合利用多种数据源评估黑龙江省生态用地景观格局对固碳量的影响。主要有 LP DAAC 数据中心 MOD17A3HGF 产品的净初级生产量 (Net Primary Production, NPP) 数据；CLCD 土地利用数据集^[10]；欧盟及欧洲中期天气预报中心等组织发布的 ERA5 – Land 气候数据集；黑龙江省森林、耕地和草地土壤层 (0 ~ 20cm) 的土壤有机碳密度数据^[11]。

2.2 研究方法

2.2.1 固碳量计算

生态系统净生产力 (Net Ecosystem Productivity, NEP) 是指陆地生态系统与大气的净碳交换^[12]，是定量描述陆地生态系统固碳量的重要指标。当 NEP > 0 表明陆地生态系统为碳汇，反之为碳源^[13]。NEP 被定义为 NPP 与土壤异氧呼吸 (Rh) 的差值，其中 Rh 是由 Rh 和土壤自养呼吸 (Rs) 之间关系的拟合方程来确定^[14]。根据 1994 – 2013 年的多年记录，Chuai 等^[15]计算出适合中国地区的 Rh 和 Rs 的线性拟合方程。Rs 则利用 Yu 等^[16]基于土壤碳密度、年均气温及年均降水量构建的 GSMSR 模型进行计算。具体计算公式如下：

$$NEP = NPP - Rh \quad (1)$$

$$Rh = 0.4679 \times Rs + 114.42 \quad (2)$$

$$Rs_{month} =$$

$$(0.588 + 0.118 \times SOC) e^{\ln(1.83 \times e^{-0.006 \times T}) / 10} \times \\ (P + 2.975) \div (P + 5.657) \times 30 \quad (3)$$

$$Rs_{annual} = \sum_{i=1}^{12} Rs_{month} \quad (4)$$

式中：SOC 为 0 ~ 20 cm 土壤有机碳密度 (kg C · m⁻²)，P 为月降水量 (mm)，T 为月平均温度 (°C)。

2.2.2 景观格局指数

选取景观面积百分比 (PLAND)、总斑块数 (NP)、斑块密度 (PD)、最大斑块指数 (LPI)、总边缘 (TE)、边缘密度 (ED)、景观形状指数 (LSI)、平均形状指数 (SHAPE_MN)、平均分形维数 (FRAC_MN)、平均周长面积比 (PARA_MN)、斑块邻接度 (PLADJ)、邻接斑块均匀性 (IJI)、连通度 (COHESION)、景观破碎度 (DIVISION)、聚集度 (AI)，共 15 个格局特征指标，使用 Fragstats 4.2 软件对上述格局指标进行量化计算。

3 黑龙江省生态用地固碳量及景观格局分析

3.1 2000–2022 年黑龙江省生态用地年均固碳量变化情况

通过获取的 NPP 数据，以上文固碳量计算方法对 NEP 进行估算，得到 2000–2022 年黑龙江省林地、耕地、草地的单位面积年均固碳量计算结果，显示三种主要生态用地在长时间序列下年固碳量的变化情况（图 1）。其中林地年均固碳量 309.23 gC/m² 明显高于其他两种土地类型，显示了林地在生态系统碳储存中的重要性。林地的单位面积年均固碳量从 2000 年的 261.26 gC/m² 上升到 2022 年的 348.46 gC/m²，整体呈现出稳定的上升趋势，最高年均固碳量在 2013 年达到 372.82 gC/m²，而最低值是 2007 年的 209.99 gC/m²。

相比之下，耕地的单位面积年均固碳量较低，平均值为 171.25 gC/m²，尽管如此，耕地也显示出增长的潜力，从 2000 年的 132.25 gC/m² 增加到 2022 年的 217.35 gC/m²，在 2013 年达到了最高值 219.47 gC/m²，2008 年最低值为 104.81 gC/m²。

草地的单位面积年均固碳量在三种土地类型中最低，平均值为 144.62 gC/m²。草地的年均固碳量于 2000 年达到 121.78 gC/m²，经历较

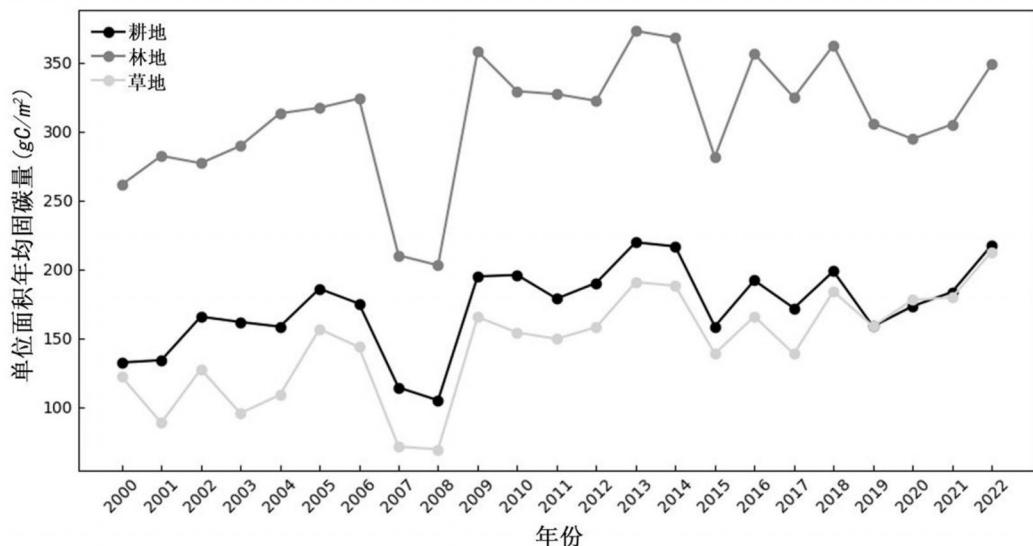


图 1 2000–2022 年黑龙江省生态用地单位面积年均固碳量变化曲线图

大波动后,于 2022 年达到 212.55 gC/m^2 ,其中 2013 年达到峰值 190.58 gC/m^2 ,在 2008 年下降至最低值 69.23 gC/m^2 ,较强波动反映了草地生态系统对环境变化的敏感性。

气候因素是导致黑龙江省固碳量产生大幅波动的主要原因。2013 年年度降水量达到 788.5 mm ,是 2000–2022 年间的最高值。同时,该年平均气温为 1.49°C ,在长时间序列中处于相对稳定的水平。高降水量和适宜温度条件共同促进了植被的生长和光合作用,致使在 2013 年林地、耕地、草地年均固碳量达到峰值。相反,2007、2008 年的年降水量相对较低,分别为 518.9 mm 和 582.9 mm 。其年平均气温分别高达 3.581°C 和 3.434°C ,是区间年内较高的平均温度。低降水量和高气温导致水分蒸散量增加,不利于植被生长,从而影响了生态系统的固碳能力,致使 2007、2008 年林地、耕地、草地固碳量大幅下降。

总体来看,林地、耕地、草地的年均固碳量皆在长时间序列中呈现上升趋势,这一正面变化与近年来国家对生态文明建设和环境保护措施的增强密切相关,反映出在生态保护和可持续发展方面的实际成效。

3.2 景观格局与固碳量的相关性

为确保研究结果的可靠性,本文选取与

2000–2022 年黑龙江省平均温度和平均降水量最为接近的 2014 年,作为相关性分析的案例年,以减少气候波动对固碳作用的影响,从而更准确确定格局特征本身变化与生态系统固碳量内在关系。经过固碳量计算,进行空间制图,绘制出 2014 年黑龙江省林地、耕地、草地的单位面积年均固碳量分布(图 2)。

本文综合考虑景观空间异质性的影响,根据不同的网格尺度将区域进行了划分,选取 5 km 、 10 km 、 15 km 、 20 km 、 25 km 、 30 km 、 35 km 及 40 km 八个不同网格尺度。这种分级方法便于对同一研究区域在不同网格尺度上的景观格局特征进行精确的量化和比较。

3.2.1 林地格局特征与固碳量相关性

林地格局特征与单位面积年均固碳量之间的斯皮尔曼相关性分析结果见表 1。PLAND、LPI、PLADJ、COHESION、DIVISION、AI 六个景观格局指标在各网格尺度上均显示出与林地年均固碳量之间的显著相关性。PLAND 与年均固碳量呈显著正相关,这表明随着林地面积比例的增加,固碳量会随之提升,反映出大面积林地在碳储存中的重要作用。LPI 表现出正相关性,说明较大的林地斑块能够提供更连续稳定的生态环境,从而有利于林地固碳量的增长。PLADJ 的正

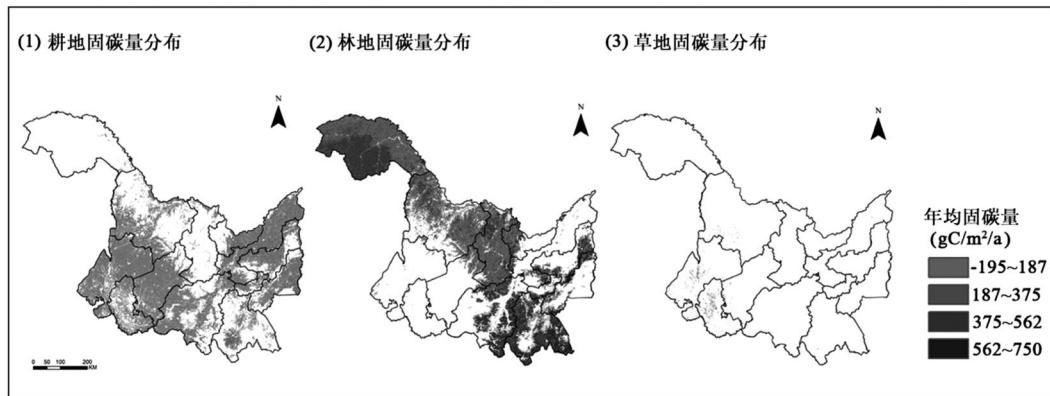


图 2 2014 年黑龙江省林地、耕地、草地年均固碳量分布

表 1 林地格局特征与单位面积年均固碳量斯皮尔曼相关性分析结果

格局指标	5km	10km	15km	20km	25km	30km	35km	40km
PLAND	0.750 **	0.774 **	0.770 **	0.757 **	0.751 **	0.723 **	0.722 **	0.711 **
NP	-0.535 **	-0.411 **	-0.339 **	-0.283 **	-0.250 **	-0.218 **	-0.193 **	-0.166 **
PD	-0.547 **	-0.444 **	-0.391 **	-0.356 **	-0.358 **	-0.291 **	-0.301 **	-0.278 **
LPI	0.750 **	0.776 **	0.768 **	0.755 **	0.749 **	0.717 **	0.716 **	0.708 **
TE	-0.200 **	0.025	0.114 **	0.157 **	0.188 **	0.216 **	0.222 **	0.239 **
ED	-0.231 **	-0.022	0.060 **	0.102 **	0.105 **	0.155 **	0.136 **	0.170 **
LSI	-0.593 **	-0.528 **	-0.493 **	-0.473 **	-0.452 **	-0.432 **	-0.417 **	-0.399 **
SHAPE_MN	-0.129 **	-0.025	-0.021	-0.035	-0.048	-0.013	-0.044	-0.071
FRAC_MN	-0.379 **	-0.328 **	-0.307 **	-0.280 **	-0.268 **	-0.206 **	-0.226 **	-0.230 **
PARA_MN	-0.379 **	-0.178 **	-0.089 **	-0.055	-0.054	-0.085 *	-0.092	-0.049
PLADJ	0.774 **	0.804 **	0.800 **	0.792 **	0.786 **	0.755 **	0.759 **	0.757 **
IJI	-0.187 **	-0.072 **	-0.069 **	-0.079 **	-0.109 **	-0.123 **	-0.136 **	-0.153 **
COHESION	0.749 **	0.778 **	0.771 **	0.757 **	0.756 **	0.718 **	0.713 **	0.715 **
DIVISION	-0.751 **	-0.776 **	-0.769 **	-0.757 **	-0.750 **	-0.718 **	-0.716 **	-0.709 **
AI	0.773 **	0.802 **	0.800 **	0.788 **	0.787 **	0.754 **	0.760 **	0.755 **
网格样本量	14099	4108	1951	1048	789	547	418	328

注: ** 在 0.01 水平上显著相关; * 在 0.05 水平上显著相关。

相关性揭示了林地斑块间高邻近性对增强固碳量的积极影响。COHESION 的正相关表明林地景观的高连通性有助于提高固碳能力。反之, DIVISION 呈现出负相关性, 表明随着景观的分割程度降低, 固碳量则会提升, 显示生态连续性的重要性。AI 的正相关性突显了聚集度较高的斑块对林地固碳量具有积极的影响。

此外, 林地的 NP、PD、LSI 指标在较小网格

尺度上展现出与年均固碳量的中等程度相关性, 然而随着网格尺度增大, 其相关性逐渐降低, 表明在较小网格尺度上, 林地斑块数量、密度及形状复杂性对固碳量具有潜在影响。最后, TE、ED、SHAPE_MN、FRAC_MN、PARA_MN、IJI 六个指标在各网格尺度上与其年均固碳量之间的相关程度低, 表明这些格局指标对固碳量的影响有限。

3.2.2 耕地格局特征与固碳量相关性

耕地格局特征与单位面积年均固碳量斯皮尔曼相关性分析结果如表 2 所示,发现耕地与林地在显著相关的景观格局指标上具有一致性,但各指标正负相关性相反。PLAND 与固碳量表现出显著的负相关性,表明随着耕地面积比例的增加固碳量会降低;LPI 同样显示负相关,表明较大的耕地斑块会降低固碳量;PLADJ 的负相关性揭示了耕地斑块之间的邻近性越高,对固碳量将产生不利影响;COHESION 同样表现为负相关性,证明较高的耕地景观连通性会导致固碳量降低;DIVISION 表现出正相关性,表明景观分割程度的增加会提升耕地固碳量。AI 的负相关性突显了聚集度较高的斑块对耕地固碳量具有负面影响。

耕地 SHAPE_MN、FRAC_MN、PARA_MN 三个指标与年均固碳量在 5km 网格尺度上显示出较低的相关性,但随着网格尺度提升至 10~40km,其相关性提升至中等程度,表明在较大的网格尺度上,耕地斑块的形状复杂性及紧凑程度

对固碳能力产生潜在影响。此外,LSI 指标则相反,在 5km 网格尺度上呈现中等程度相关性,随着网格尺度提升,逐渐降至低相关性。最后,耕地 NP、PD、TE、ED、IJI 五个指标在各个网格尺度上与年均固碳量皆呈现低相关性。

3.2.3 草地格局特征与固碳量相关性

草地格局特征与单位面积年均固碳量斯皮尔曼相关性分析结果如表 3 所示,PLAND、PD、LPI、ED、SHAPE_MN、PLADJ、IJI、COHESION、DIVISION 和 AI 共十个指标展现与年均固碳量的中等程度相关性,反映了草地景观的结构和配置对固碳量的潜在影响。此外,NP、TE、LSI、FRAC_MN、PARA_MN 五个指标与草地年均固碳量的相关性较低,表明其在当前研究中对于草地生态系统固碳量的解释能力有限。

4 讨论

研究探讨了林地、耕地和草地三种主要生态用地类型的景观格局特征与固碳量之间的相关性,旨在识别对固碳过程影响最为显著的景观格

表 2 耕地格局特征与单位面积年均固碳量斯皮尔曼相关性分析结果

格局指标	5km	10km	15km	20km	25km	30km	35km	40km
PLAND	-0.821 **	-0.845 **	-0.843 **	-0.834 **	-0.835 **	-0.813 **	-0.818 **	-0.805 **
NP	0.309 **	0.189 **	0.119 **	0.108 **	0.083 *	0.046	0.016	0.018
PD	0.245 **	0.109 **	0.035	0.008	-0.004	-0.004	-0.053	-0.041
LPI	-0.783 **	-0.806 **	-0.804 **	-0.792 **	-0.797 **	-0.777 **	-0.780 **	-0.758 **
TE	0.309 **	0.114 **	0.036	0.018	-0.001	-0.035	-0.059	-0.056
ED	0.240 **	0.036 *	-0.042	-0.069 *	-0.068	-0.096 *	-0.119 *	-0.101
LSI	0.447 **	0.374 **	0.337 **	0.324 **	0.306 **	0.270 **	0.237 **	0.226 **
SHAPE_MN	0.211 **	0.442 **	0.522 **	0.536 **	0.527 **	0.529 **	0.515 **	0.486 **
FRAC_MN	0.484 **	0.616 **	0.621 **	0.625 **	0.589 **	0.592 **	0.577 **	0.534 **
PARA_MN	-0.363 **	-0.614 **	-0.615 **	-0.621 **	-0.582 **	-0.573 **	-0.543 **	-0.526 **
PLADJ	-0.721 **	-0.756 **	-0.760 **	-0.754 **	-0.758 **	-0.749 **	-0.764 **	-0.741 **
IJI	-0.172 **	-0.297 **	-0.317 **	-0.331 **	-0.359 **	-0.338 **	-0.334 **	-0.346 **
COHESION	-0.722 **	-0.751 **	-0.750 **	-0.738 **	-0.741 **	-0.731 **	-0.740 **	-0.706 **
DIVISION	0.789 **	0.812 **	0.811 **	0.800 **	0.806 **	0.786 **	0.788 **	0.767 **
AI	-0.717 **	-0.756 **	-0.761 **	-0.755 **	-0.762 **	-0.751 **	-0.763 **	-0.745 **
网格样本量	13642	3865	1832	1082	722	519	400	315

注: ** 在 0.01 水平上显著相关; * 在 0.05 水平上显著相关。

表3 草地格局特征与单位面积年均固碳量斯皮尔曼相关性分析结果

格局指标	5km	10km	15km	20km	25km	30km	35km	40km
PLAND	-0.568 **	-0.583 **	-0.546 **	-0.524 **	-0.476 **	-0.476 **	-0.484 **	-0.463 **
NP	-0.372 **	-0.444 **	-0.430 **	-0.408 **	-0.388 **	-0.342 **	-0.344 **	-0.331 **
PD	-0.464 **	-0.529 **	-0.513 **	-0.505 **	-0.464 **	-0.472 **	-0.479 **	-0.458 **
LPI	-0.547 **	-0.574 **	-0.548 **	-0.522 **	-0.498 **	-0.510 **	-0.525 **	-0.507 **
TE	-0.361 **	-0.438 **	-0.417 **	-0.396 **	-0.371 **	-0.328 **	-0.333 **	-0.312 **
ED	-0.448 **	-0.512 **	-0.488 **	-0.474 **	-0.429 **	-0.433 **	-0.441 **	-0.421 **
LSI	-0.390 **	-0.456 **	-0.439 **	-0.417 **	-0.392 **	-0.350 **	-0.351 **	-0.336 **
SHAPE_MN	-0.387 **	-0.456 **	-0.462 **	-0.434 **	-0.415 **	-0.427 **	-0.419 **	-0.403 **
FRAC_MN	-0.288 **	-0.370 **	-0.387 **	-0.363 **	-0.349 **	-0.360 **	-0.360 **	-0.326 **
PARA_MN	0.245 **	0.239 **	0.210 **	0.172 **	0.157 **	0.141 **	0.160 **	0.164 **
PLADJ	-0.470 **	-0.490 **	-0.472 **	-0.445 **	-0.428 **	-0.427 **	-0.439 **	-0.426 **
IJI	0.628 **	0.547 **	0.490	0.460 **	0.462 **	0.441 **	0.459 **	0.432 **
COHESION	-0.481 **	-0.511 **	-0.498 **	-0.468 **	-0.457 **	-0.461 **	-0.477 **	-0.460 **
DIVISION	0.544 **	0.565 **	0.537 **	0.542 **	0.500 **	0.494 **	0.508 **	0.484 **
AI	-0.437 **	-0.470 **	-0.461 **	-0.433 **	-0.42 **	-0.422 **	-0.435 **	-0.426 **
网格样本量	4341	1936	1133	782	565	433	347	279

注: ** 在 0.01 水平上显著相关; * 在 0.05 水平上显著相关。

局指标。分析表明, PLAND、LPI、PLADJ、COHESION、DIVISION 和 AI 六个格局指标在耕地及林地中对固碳量具有决定性的影响。

优化林地格局, 提高其固碳量, 可采取以下综合策略。首先, 通过植树造林、限制砍伐活动以扩大林地面积, 保持林地面积的稳定增长, 增强碳汇功能。其次, 维护大片连续的林地斑块, 减少林地破碎化, 以增强林地的整体生态功能和碳固存能力。进一步, 通过建设生态廊道和连接生物多样性热点区, 增强林地斑块之间的连通性, 促进物种迁移, 从而增强生态系统的稳定性和平适应性。最后, 通过规划和实施集中的森林管理区, 减少林地的分割和破碎化, 增强林地内部的聚集度, 提高其固碳效率。

对于耕地, 可实施一系列针对性的优化策略。首先, 在保持耕地数量及质量的前提下, 通过科学规划和管理, 推广如保护性耕作、精准农业、有机农业等先进的农业管理技术, 提高耕地的利用效率和可持续性, 实施高标准农田建设,

提升土壤质量及其固碳能力。其次, 实施作物轮作和多样化种植策略, 种植多种作物以提高耕地的生态复杂性和生物多样性, 从而增强碳固定能力。此外, 通过增设植被带或灌木丛等生态缓冲区减少耕地斑块的直接相连, 缓冲区起到防风固土、保持耕地水分和增加生物多样性的作用, 从而提高整体碳固定能力。最后, 加强对土壤和作物健康的监测管理, 确保耕地的可持续利用。

5 结语

本文通过对黑龙江省林地、耕地、草地景观格局与固碳量之间的关系进行系统的分析, 揭示了不同景观格局指标对生态用地固碳能力的影响。在 2000–2022 年期间, 黑龙江省三种生态用地的固碳量均显示出上升趋势, 表明在此期间生态保护和管理措施得到了有效实施。基于相关性分析结果, 发现景观面积百分比、最大斑块指数、斑块邻接度、连通度、景观破碎度、聚集度是影响黑龙江省林地、耕地单年均固碳量的主要

格局指标，并且这六项格局指标对于林地、耕地的作用相反。此外，各格局指标对草地的固碳量影响不显著，但包含十个中等程度相关性的格局指标。通过本研究希望能够为黑龙江省的碳中和策略提供一定的科学参考，并对气候变化的应对措施及生态系统服务功能的提升贡献洞见，有助于更有效地规划和实施环境保护政策，促进生态环境的可持续发展。

参考文献(References)：

- [1] Fang J Y, Zhu J L, Wang S P, et al. Global warming, human – induced carbon emissions, and their uncertainties[J]. *Science China Earth Sciences*, 2011, 54(10): 1458 – 1468.
- [2] Rogelj J, Den E M, Hohne N, et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C[J]. *Nature*, 2016, 534(7609): 631 – 639.
- [3] 于贵瑞, 朱剑兴, 徐丽, 等. 中国生态系统碳汇功能提升的技术途径: 基于自然解决方案[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(04): 490 – 501.
- [4] 方精云. 碳中和的生态学透视[J]. 植物生态学报, 2021, 45(11): 1173 – 1176.
- [5] Friedlingstein P, Jones M W, O’ Sullivan M, et al. Global carbon budget 2021[J]. *Earth System Science Data*, 2022, 14(04): 1917 – 2005.
- [6] 于贵瑞, 郝天象, 朱剑兴. 中国碳达峰、碳中和行动方略之探讨[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(04): 423 – 434.
- [7] 杨元合, 石岳, 孙文娟, 等. 中国及全球陆地生态系统碳源汇特征及其对碳中和的贡献[J]. 中国科学: 生命科学, 2022, 52(04): 534 – 574.
- [8] 徐思若, 成志影, 那雪迎, 等. 黑龙江省森林碳汇及其经济价值的变化分析与潜力预测[J]. 生态学杂志, 2024, 43(01): 197 – 205.
- [9] 王诗雨, 刘学伟, 崔鸿鹏, 等. 农田生态系统碳源/汇时空演变因素分析——以黑龙江省为例[J]. 中国国土资源经济, 2024, 37(05): 4 – 13 + 88.
- [10] Yang J, Huang X. The 30m annual land cover and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. *Earth System Science Data Discussions*, 2021: 1 – 29.
- [11] 童荣鑫, 梁迅, 关庆锋, 等. 2000—2020 年中国陆地土壤碳储量及土地管理碳汇核算[J]. 地理学报, 2023, 78(09): 2209 – 2222.
- [12] Zhang L, Wylie B K, Ji L, et al. Upscaling carbon fluxes over the Great Plains grasslands: Sinks and sources[J]. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2011, 116(G3).
- [13] 方精云, 柯金虎, 唐志尧, 等. 生物生产力的“4P”概念、估算及其相互关系[J]. 植物生态学报, 2001, 69(04): 414 – 419.
- [14] 裴宏泽, 赵亚超, 张廷龙. 2000—2020 年黄土高原 NEP 时空格局与驱动力[J]. 干旱区研究, 2023, 40(11): 1833 – 1844.
- [15] Chuai X W, Qi X X, Zhang X Y, et al. Land degradation monitoring using terrestrial ecosystem carbon sinks/sources and their response to climate change in China [J]. *Land Degradation & Development*, 2018, 29(10): 3489 – 3502.
- [16] Yu G Y, Zheng Z M, Wang Q F, et al. Spatiotemporal pattern of soil respiration of terrestrial ecosystems in China: the development of a geostatistical model and its simulation [J]. *Environmental science & technology*, 2010, 44(16): 6074 – 6080.

作者简介:

第一作者:潘宥承,1995 年生,男,黑龙江哈尔滨人,博士研究生,哈尔滨工业大学建筑与设计学院,自然资源部寒地国土空间规划与生态保护修复重点实验室,主要研究方向为风景园林学。Email:youcheng_pan@163.com;
通讯作者:吴远翔,1971 年生,男,江苏通州人,博士,哈尔滨工业大学建筑与设计学院,自然资源部寒地国土空间规划与生态保护修复重点实验室,副教授,主要研究方向为风景园林学。Email:745417816@qq.com

Study on the Influence of Carbon Storage by Different Types of Land Use Types in Heilongjiang Province

PAN Youcheng, LI Mengmeng, WU Yuanxiang*

(School of Architecture and Design, Harbin Institute of Technology;

Key Laboratory of National Territory Spatial Planning and Ecological Restoration in Cold Regions,

Ministry of Natural Resources, Harbin 150006, China)

Abstract: In the context of ongoing climate changes, it has been an crucial issue to enhance the carbon sequestration capacity of ecosystems for regional sustainable development. This study aims to identify the key landscape pattern characteristics influencing carbon sequestration of different ecological land – use types in Heilongjiang Province, providing scientific evidence and practical guidance for regional carbon neutrality strategies. By employing a grid – based analytical method, the study area is subdivided into grids, and Net Ecosystem Productivity (NEP) is used as the carbon sequestration indicator. Landscape pattern metrics are calculated using the Fragstats software, and Spearman's correlation analysis is performed in SPSS to examine the relationships between carbon sequestration and these metrics. The results show that from 2000 to 2022, the annual average carbon sequestration per unit area of forests, farmlands, and grasslands in Heilongjiang Province exhibits an upward trend. Correlation analysis further reveals that six landscape pattern metrics, including percentage of landscape area, largest patch index, patch adjacency, connectivity, landscape fragmentation, and aggregation, are significantly correlated with carbon sequestration in forests and farmlands. Moreover, these metrics exert opposite positive and negative effects on carbon sequestration across forests and farmlands, indicating complex interactions in landscape configuration and carbon storage functions among different ecological land – use types.

Key words: landscape patterns; Net Ecosystem Productivity; Heilongjiang Province

基于低影响开发的滨河缓冲带景观设计研究

史 秀*

(辽宁省城乡建设规划设计院有限责任公司, 沈阳 110006)

摘要:本研究基于低影响开发(LID)理念,在滨河缓冲带建设中探索采用生态保护与景观设计相结合的方式,以提升沿河湿地生态系统功能,促进水生态安全与城市可持续发展。通过分析滨河缓冲带建设的现存问题,结合低影响开发技术手段,提出低影响开发理念下的滨河缓冲带景观设计三大原则,从初期源头削减和分散控制、中途净化与传输以及末端集中处理的三阶段提出雨水管理策略,并结合典型案例总结各阶段设施的功能及生态效益。结果表明,低影响开发措施能够通过雨水渗透、滞留、净化和循环再利用等方式,有效减少径流对河道的冲刷,降低污染物排放,最终达到恢复滨河缓冲带的生态功能的作用。

关键词:低影响开发;生态保护;滨河缓冲带;景观设计

中图分类号:TU98

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2024)10-0010-12

0 引言

城市化进程中,人类活动对自然水体的干扰日益加剧,导致城市水体污染和生态环境恶化问题日益严重。滨河缓冲带,作为城市水体与陆地生态系统之间的过渡带,对于维护城市水生态安全、保护生物多样性具有重要作用。它不仅能够减少径流对河道的直接冲刷,还能通过植被的过滤作用减少污染物的输入,从而保护水质。然而,传统的河道管理往往忽视了滨河缓冲带的生态功能,导致其生态服务功能下降。为了应对这一挑战,低影响开发理念(Low Impact Development, LID)应运而生。低影响开发理念起源于美国马里兰州^[1-3],最初是为了解决城市快速发展带来的不透水地面增加问题,以及最佳管理措施(Best Management Practices, BMPs)^[4]在控制城市洪涝和分散污染源方面的不足。目前,低影响开发理念逐渐得到广泛应用,并在全球范围内推广^[5]。龙岩等人通过模拟广州庙头涌排涝片的透水铺装、雨水花园和绿色屋顶等 LID 设施,评估了其对城市水文和水环境的影响。结果表明,LID 设施能有效削减径流量和污染物负荷,降低洪涝风险,改善城市水环境^[6]。在给水厂设计

中,低影响开发技术的应用可以显著提高厂区的地表径流削减率和地表下渗率,减少洪峰流量和节点积水量,降低厂区内的洪涝风险^[7]。田坤等^[8]人的研究表明深圳新城公园的低影响开发改造工程有效削减了径流总量和峰值流量,延迟了峰值时间,提高了雨水径流控制效果。韩春利等^[9]人基于低影响开发理念的海绵服务区径流污染控制技术,通过生态种植槽系统设计,有效削减了雨水径流污染负荷。以浙江安吉县灵溪公园和徐州市欣欣路为例的滨水景观空间设计,都展示了低影响开发理念在滨水区域的应用潜力^[10,11]。随着低影响开发理念在城市规划和滨河缓冲带建设中的广泛应用,其理论和实践正在不断深化,为城市河道管理提供了新的视角和方法。因此,如何在滨河缓冲带建设中应用低影响开发理念,实现生态保护与景观设计的有机结合,成为当前城市河道管理的重要课题。

1 低影响开发的概述

1.1 低影响开发的理论内涵

低影响开发(LID)是一种可持续的城市雨水管理方法,其核心理念是在源头控制雨水,通

过模拟自然水循环过程,减少城市化对水文循环的影响^[12]。该理念在 20 世纪 90 年代末由美国马里兰州、西雅图市、波特兰市共同提出。低影响开发强调在城市开发建设过程,通过一系列分散式、小规模的雨水管理措施(图 1),如雨水花园、透水铺装、绿色屋顶等,实现雨水的就地渗透、储存、净化和利用,从而减少径流量和污染负荷,保护和恢复城市水体的自然生态功能^[6,7]。目前的国内外研究表明,LID 设施在控制城市内涝、提高水环境质量方面具有显著效果。如张仕烜等^[13]在武汉地区的中学校园景观设计中,探讨了 LID 策略在雨水花园设计中的应用,强调了生态与教育相结合的设计目标。孙宝芸等^[14]针对北方地区公交港湾停靠站路段的研究,提出了适用于北方气候特征的 LID 设施布局方案,并通过模型模拟验证了其对雨水径流的削减和延迟作用。

低影响开发的实施不仅仅关注于减少径流量,更重视于通过生态友好的方式,恢复和增强自然水循环的能力。它作为一种生态友好的雨水管理策略,已被广泛应用于城市道路、校园、住宅区等多个领域,并取得了显著的研究成果。这些研究不仅验证了 LID 在减少径流量、控制污染负荷方面的有效性,还强调了其在恢复城市水文

循环、提升生态环境质量方面的重要性。

1.2 低影响开发的技术手段

低影响开发的技术手段旨在通过一系列措施模拟自然水循环,减少城市化对水文循环的影响^[15]。这些技术手段主要包括雨水的渗透收集、净化过滤和调控储蓄,以实现雨水的有效管理和利用(图 2)。

雨水的渗透收集,通常通过透水铺装、绿色屋顶、下凹式绿地等措施实现。它们能够促进雨水渗透,补充地下水,同时滞留雨水,增加蒸腾作用,改善小气候。雨水净化过滤通过植草沟、植被缓冲带和旱溪来实现,这些措施利用植被和土壤过滤雨水,能够减少污染物,保护水质。雨水调控储蓄则通过人工湿地、多功能调蓄池和雨水罐等措施,能够模拟自然湿地生态环境,短期滞留雨水,减轻排水压力,同时还能收集雨水用于清洁和灌溉。这些措施的综合应用不仅提升了城市水环境质量,改善了生态系统服务功能,而且对实现城市滨河缓冲带建设中的低影响开发至关重要。通过一系列措施的实施有效减少了城市雨水径流量,降低了径流速度,减少了对河道的冲刷和侵蚀,保护了河岸稳定性,同时通过雨水的渗透和净化,减少了污染物的输入,改善了水质,恢复和增强了滨河缓冲带的生态功能^[16]。

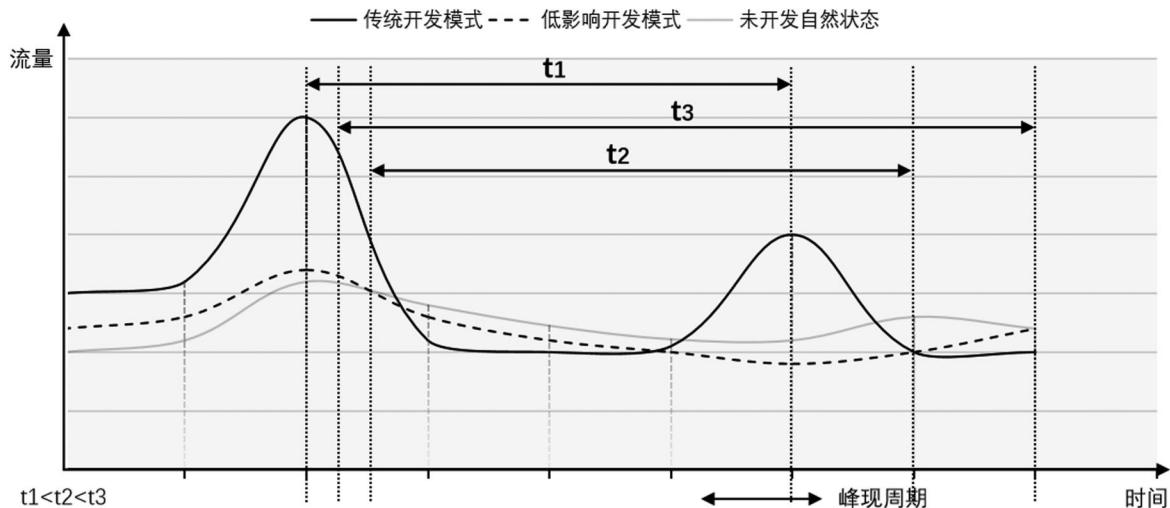


图 1 低影响开发模式与传统开发模式的场地雨水径流变化对比示意图

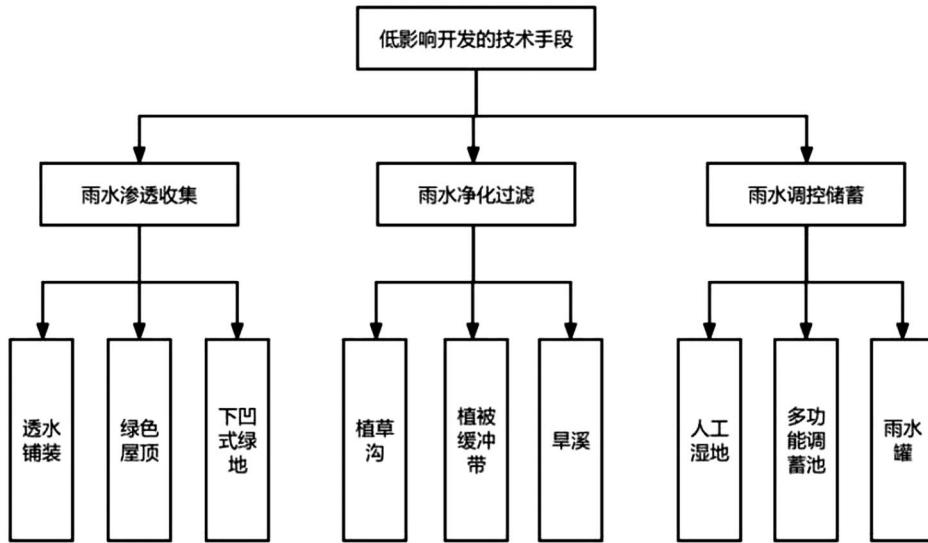


图 2 低影响开发技术手段架构图

1.3 低影响开发的作用

低影响开发技术的应用与作用涵盖多个方面(图 3)。例如,李彤等^[17]研究表明,低影响开发有利于保护文化遗产和生态环境,促进可持续发展。戚建等^[18]通过西安小寨海绵城市改造项目,展示了低影响开发技术在城市化进程中海绵城市建设的应用,有助于加快实现碳减排目标。闫泽铭等^[19]在城镇住宅建设中应用低影响开发设施,有效预防了住宅项目内涝问题。银翼翔

等^[20]通过对低影响开发小区降雨径流的滞留与滞后效应的研究,发现 LID 设施能显著提高径流滞后效应。

在滨河缓冲带的建设中采用低影响开发策略,能够显著降低城市雨水的直接排放量,减缓水流速度,减轻对河岸的侵蚀作用,从而维护河岸的稳定性。这些措施通过促进雨水的渗透和自然净化过程,有效减少了污染物的排放,提高了水质,恢复并增强了滨河缓冲带的生态功能。

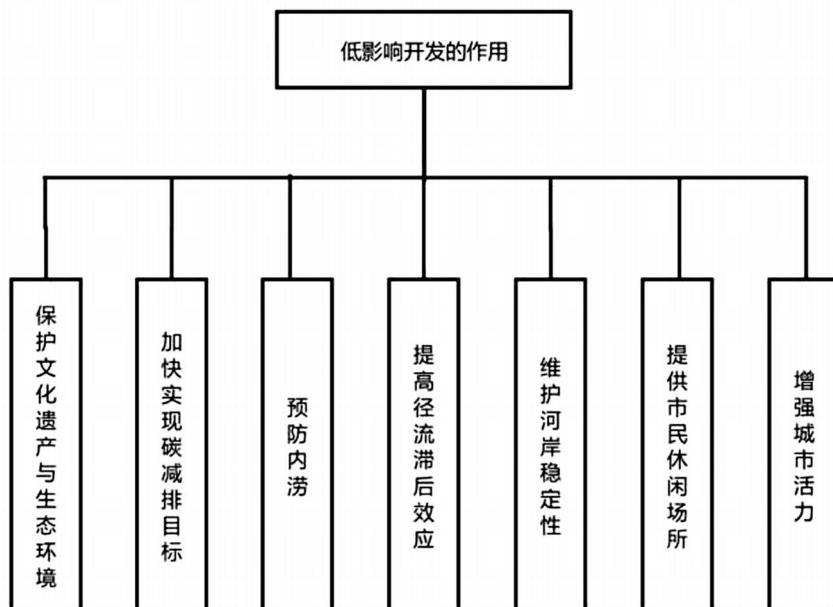


图 3 低影响开发的作用

同时,低影响开发策略还能为城市增加绿色空间,提升生物多样性,美化城市景观,为居民提供休闲娱乐的场所,进而增强城市的活力^[21]。

2 滨河缓冲带建设的现存问题

在当前的城市滨河缓冲带建设中,许多城市仅采取传统的景观设计手法,使滨河缓冲带建设面临一些挑战和问题(图4)。这些问题不仅影响了滨河缓冲带的生态功能,也限制了其在城市水环境治理中的作用,需要后期结合低影响开发手段实现生态功能与景观功能的有机统一。

2.1 缺乏流域尺度的系统规划

如今有很多城市在建设滨河缓冲带时,缺少水系流域管理层面和生态层面的系统规划。这种局部的、孤立的规划方法导致了滨河缓冲带的生态雨洪网络体系和雨洪安全格局的缺失,未能形成区域内绿色网络化系统^[22]。这种单一工程和短期绩效的规划目标,缺乏对生态系统尺度和流域范围的整体考虑,限制了滨河缓冲带在维护城市生态安全中的潜力。

2.2 忽视水文和生态系统的综合考量

多数城市在滨河缓冲带的建设初期存在未全面考量城市水文状况的恢复、水生动植物生态

系统的修复和地下水位的补充等关键因素。相反,许多项目仅注重生态、景观、游憩功能,忽视了滨河缓冲带在雨洪调蓄、旱涝调节等水文功能方面的重要作用。这种偏重形象工程的建设方式,未能充分发挥滨河缓冲带在海绵城市建设中的综合功能。

2.3 依赖灰色基础设施的管线设计

在传统的城市河流管理实践中,排水系统的设计往往侧重于利用地下管道和快速排水的设施(即“灰色基础设施”)来迅速将雨水从城市表面引导走。这种以快速排空为主要目标的雨洪管理策略,往往忽视了雨水在源头和中途的控制与利用。在面对城市洪涝灾害、雨水径流污染、城市水生态系统破坏等挑战时显得力不从心。这种设计忽视了雨水的自然渗透、净化和循环利用,加剧了城市水环境问题。

2.4 河流自然形态的破坏

在滨河缓冲带的建设中,为了减轻城市排水管网的负担,许多城市采取了裁弯取直和硬质驳岸的修缮方式,破坏了河流的自然弯曲形态和缓缓流淌的自然属性。这种传统的城市排水策略不仅侵蚀了河流的自然特征,还导致了河流边缘的自然生态区域被大量侵占。这不仅减少了动

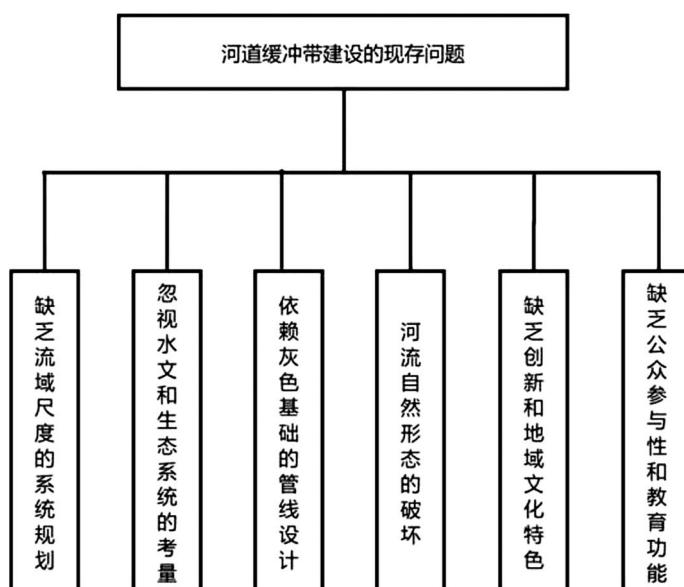


图4 滨河缓冲带建设的现存问题示意图

植物的自然栖息地,还对城市水体的生态平衡造成了严重的干扰。河流的自然流动和岸边的生物多样性因此受到了威胁,水生生物的生存环境遭到了破坏,进而影响了整个城市水生态系统的健康和稳定。

2.5 缺乏创新和地域文化特色

在很多城市中,河岸绿道的建设往往过于追求表面的美观,而忽视了设计的多样性和创造性。这些绿道的设计往往缺乏个性和地方特色,未能体现出当地的文化和自然风貌。这种缺乏考虑的、重复性的开发模式,不仅未能营造出独特的场所感,也未能吸引市民前来体验和探索。如何在保护和传承历史文化遗产的同时,创造出具有本土风情的景观,唤起市民对这片土地的情感和认同,成为了当前城市规划和设计中需要密切关注和解决的挑战。

2.6 缺乏公众参与性和教育功能

目前,许多城市的滨河绿道建设主要集中在提供休闲娱乐空间和提升城市景观上,而忽视了环境和科普教育的功能^[23]。这些绿道往往未能充分发挥其多功能性,缺乏对公众参与的吸引力和与自然互动的体验^[24]。此外,现有的滨河绿道设计往往缺乏趣味性和吸引力,未能激发市民的参与兴趣。

这种现状与生态文明城市建设的需求不符,特别是在我国推进海绵城市建设的背景下^[25],城市滨河缓冲带的低影响开发显得尤为重要。海绵城市建设强调的是通过自然积存、自然渗透、自然净化的理念^[26],来优化城市水文循环和生态系统的健康。因此,探索城市滨河缓冲带低影响开发的新途径,对于解决现有问题具有重要意义^[27]。

为了实现这一目标,需要研究和设计能够兼顾雨洪管理、生态保护和科普教育的景观规划^[28]。这样的规划不仅要考虑生态修复和生物多样性的保护,还要考虑如何通过设计提升市民的参与度和体验感,从而增强他们对城市自然环境的认同和归属感。通过这种方式,城市滨河缓

冲带不仅能成为生态修复的重要区域,也能成为市民教育和休闲的宝贵资源。

3 滨河缓冲带建设中景观的低影响开发策略

3.1 基于低影响发展理念下的滨河缓冲带景观设计原则

低影响发展理念下的规划是一项综合性工程,需政府、开发商、设计单位及市政水利等多部门协作完成,并在绿化、道路等多方面配合下实现径流总量控制、峰值控制、污染控制和水资源利用的规划目标。通过查阅《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》及相关文献,结合国内外雨洪管理案例,归纳出低影响开发下的三大滨河缓冲带景观设计原则:生态优先原则、源头控制原则、因地制宜原则,如图 5 所示。

生态优先原则是在滨河缓冲带景观设计过程中,将自然生态的保护和可持续性放在首位的一种指导理念。近年来,自然生态环境的保护与建设已成为全球关注的核心议题之一。其核心是在设计过程中,优先关注生态系统的完整性和环境的自我修复能力。应用这一原则时,滨河缓冲带景观设计时应尽量减少对自然的干扰,保护水土、维护生物多样性等生态功能,探索人与自然和谐共处的途径,实现社会发展与自然环境的有机融合。

源头控制原则是以小规模、分散化的方式,在问题发生的源头解决水资源管理问题,从而实现经济、生态与社会效益的平衡发展。在滨河缓冲带景观设计过程中,源头控制原则强调源头控制,通过将雨水渗透、滞留和再利用融入设计,保护自然水循环系统,减少城市化对生态环境的负面影响。这不仅有效缓解了城市排水系统的压力,降低城市洪涝风险,同时也促进了雨水的回收再利用,提高水资源的利用效率,节约水源。

因地制宜原则强调根据不同城市的自然条件和环境特点,制定适合本地的景观设计方案。尽管城市河流具有共性,但由于各地在水文条件、

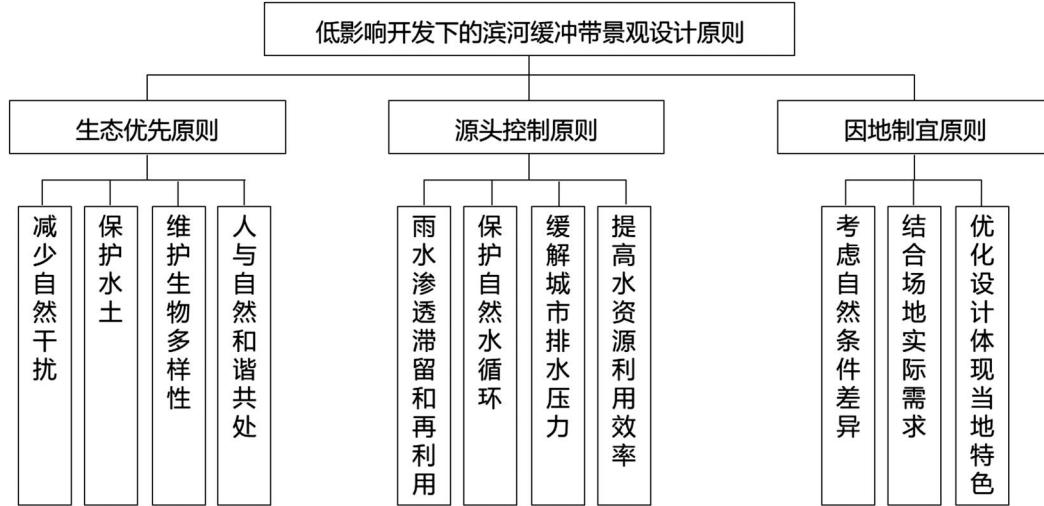


图 5 低影响开发下的滨河缓冲带景观设计原则

地理风貌和气候环境方面存在显著差异,在设计过程中需充分考虑这些差异,以确保方案的科学性和可行性。当前,在将低影响开发技术融入滨河缓冲带景观设计时,更需深入了解河道绿地的具体情况,包括场地条件、河流特性、植物配置现状以及城市降水规律等信息^[29]。通过全面的调查和分析,根据实际需求进行优化设计,以实现设计方案的针对性和有效性。坚持因地制宜的原则,不仅能够提升设计的生态效益和美学价值,还能更好地体现当地特色,促进城市的可持续发展。

3.2 基于低影响开发理念下的滨河缓冲带景观设计思路

滨河缓冲带作为河流景观的核心栖息地和流域的关键结构,对于保护水源和增强河岸及半水生生物的栖息地联系至关重要。低影响开发理念下的滨河缓冲带景观设计主要分为三个阶段:初期源头削减和分散控制,中途净化与传输,末端集中处理(图 6)。本文按照雨水径流途径和雨水设施重要功能,将低影响开发技术措施分为六类:雨水削减过滤设施,雨水蓄存设施、雨水传输设施、雨水渗透设施、雨水调蓄设施、末端净

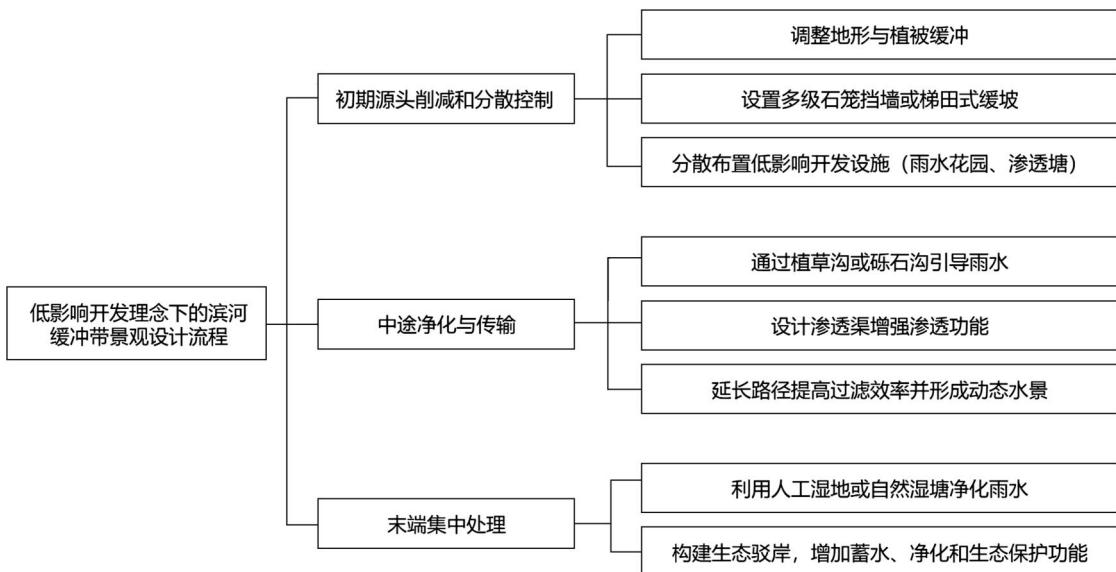


图 6 低影响影响下的景观设计流程示意图

表 1 不同阶段的雨水设施

景观设计阶段	雨水设施分类	雨水设施名称
初期源头削减和分散控制	雨水渗透设施	透水铺装、绿色屋顶、下凹式绿地、渗透塘...
	雨水蓄存设施	调蓄池、调节塘...
	雨水削减过滤设施	植被缓冲带、石笼挡墙...
中途净化与传输	雨水传输设施	植草沟、砾石沟、渗渠...
	雨水调蓄设施	调蓄池、调节塘...
末端净化储水设施	末端净化储水设施	雨水生态塘、生物岛...

化储水设施。构建城市雨水与自然河道之间完善的水循环系统(表1)。

3.2.1 初期源头削减和分散控制

初期源头削减与分散控制是低影响开发下滨河缓冲带景观设计的重要实践方式,通过源头管理有效减少雨水径流对市政管网和自然河道的污染,实现雨水的削减、控制和净化。大部分滨河缓冲带从河岸到水域界面存在地形高差,因此雨水径流在从城市不透水表面流向自然河道的过程中,需要通过低影响开发技术对其进行全面的削减、调控和净化^[30]。

在滨河缓冲带中,雨水径流从城市界面流向自然河道时,应优先削减雨水流速并延长其径流路径,以降低地形高差带来的冲击力。通过调整地形和利用植被缓冲,在缓坡或陡坡地形上种植乡土树种,植物根系可有效减缓雨水流速,同时提升生态景观的多样性。在陡坎区域,可以设置多级石笼挡墙或将陡坎放坡处理成梯田式缓坡,形成植被缓冲带。这样不仅延长了雨水径流路径,还能通过植被群落进一步净化雨水,打造出结合乡土植被与山石景观的梯田式生态景观。

为了实现雨水的局部处理与自然排水,可以通过合理规划与设计分散布置低影响开发设施。根据地形条件设置雨水花园、渗透塘等设施,有效控制雨水径流的同时实现净化功能。在后期建设中,可根据场地自然排水特点进行功能性设计,例如在停车场等硬质铺装区域采用生态停车场,通过就地消纳雨水,减轻后续排水系统的负担,并与下阶段雨水传输系统衔接,保证整体排水路径的完整性与高效性。

鸣翠湖项目位于山东省东营市河口区,项目规模为97hm²,总体设计是结合生态理念和雨洪管理的思想,将河口西部的湖滨新区地块由原来的城市边缘设计成为连接新城、老城及自然环境的主要枢纽,最终建成大型滨水开放空间——鸣翠湖。该项目面临的问题主要是周边地块开发产生的污染物使土壤盐碱化,使湖滨驳岸遭到破坏。基于低影响开发的设计思路,东营市河口区湖滨新区鸣翠湖的滨河缓冲带景观设计针对周边地块因开发产生的污染问题设置生态滤水带。这些滤水带利用植物根系和滤料吸附雨水径流中的污染物质,降低流速,减少径流对水体的直接冲击,保护湖区水质。同时,在道路和广场附近设置雨水花园,通过收集和过滤雨水径流,减少地表径流的直接排放,并提升雨水下渗效率,从而改善土壤盐碱化问题。

3.2.2 中途净化与传输

中途净化与传输是低影响开发下滨河缓冲带景观设计的中间环节,其核心是利用生态化工程手段对雨水进行清洁和输送。通过植草沟或砾石沟等设施,将来自上一级设施或道路的雨水引导至下一步的处理系统,以确保雨水的有效管理。在需要增强渗透功能的情况下,可以在传输路径中设计渗透渠,利用其吸收和下渗能力,在输送过程中部分消减地表径流。在场地面积有限的条件下,可以通过增加传输设施的蜿蜒弯曲度,延长路径长度,以提高雨水过滤净化效率。同时,这样的设计还可以形成具有动态美感的水景观,不仅增加场地的趣味性,也为公众提供了一个观察和了解雨水处理过程的机会。

湖中小岛气候公园,也被称为“漂浮花园”,位于丹麦维堡。该项目紧邻 Søndersø 湖畔,因此经常被湖水淹没产生巨大的经济损失。Moller & Gronborg 设计团队为了解决这一问题,充分利用自然条件与技术手段,将生态净化与传输功能融入景观中,构建了具有显著环境效益和游乐功能的雨水调蓄设施。在雨水调蓄设施的初始环节,设计了前缘洼地,用于对雨水径流中较大的颗粒物进行沉淀处理。前缘洼地通过地形设计,有效降低了雨水中的悬浮物浓度。当雨水从前缘洼地进入由小岛、脚踏石和蜿蜒溪流组成的净化区时,净化区对雨水中的小颗粒物和杂质进行进一步过滤,同时这些蜿蜒的溪流通过不同层级的净化池,还具备分解有机物和改善水质的功能,进一步提升水体净化效果(图 7)。雨水在净化区处理后流入溢流区进行最终的调节。溢流区与净化区原理类似,但具有更大的蓄水能力,用于处理在降雨量较大情况下的雨水径流。此外,该设计将处理后的雨水通过溢流管传输至 Søndersø 湖中,完成整个雨水净化和传输流程。溢流管的设置确保了雨水在不同水位条件下的高效传导,同时减少对湖区自然生态的直接冲击。

3.2.3 末端集中处理

末端集中处理是低影响开发下滨河缓冲带景观设计的最后环节,旨在雨水汇入自然河道之前,通过人工湿地或自然湿塘等设施对其进行蓄

存和净化。这些设施利用滨河区域的自然地形和土壤条件,结合湿生植物和水生植物的过滤吸收作用,有效去除雨水中的污染物,同时营造生态化、多功能的滨水景观。生态驳岸作为水陆分界的重要部分,通过自然性改造替代传统硬质驳岸,利用天然材料和植被群落提升河道自净能力,并设计河道浅滩区、消落带、抛石驳岸等区域,形成兼具蓄水、净化和生态保护功能的多层次空间。末端区域构建植物、水生生物、微生物互作的生态系统,为多种生物提供栖息地,并通过生态景观设计推广雨水管理与自然生态结合的理念,实现水质改善与可持续发展。

江苏昆山吴淞滨江在城市开发、工业用地等建设中,环境受到严重污染,水体污染非常严重。为了创建滨水开放空间,同时恢复吴淞滨江的环境,美国 SWA 团队提出了用水治理景观基础设施解决水体污染问题的方案。该方案最核心的部分在于末端集中处理采用了多级净化措施,将水质治理与景观设计紧密结合,实现生态与功能的有机统一。项目以改善水体污染为目标,通过科学实验与实地监控数据分析,规划了一套基于景观的水质净化系统(图 8)。设计中首先设置沉降池,用于去除雨水中的大颗粒污染物,随后通过水渠将雨水引入深水曝气池,在曝气过程中进一步去除杂质,增加溶解氧含量。接着,雨水通过浅水处理通道流入河岸湿地公园和生态淹没湿地,完成最后的净化,再排放至港湾和未来

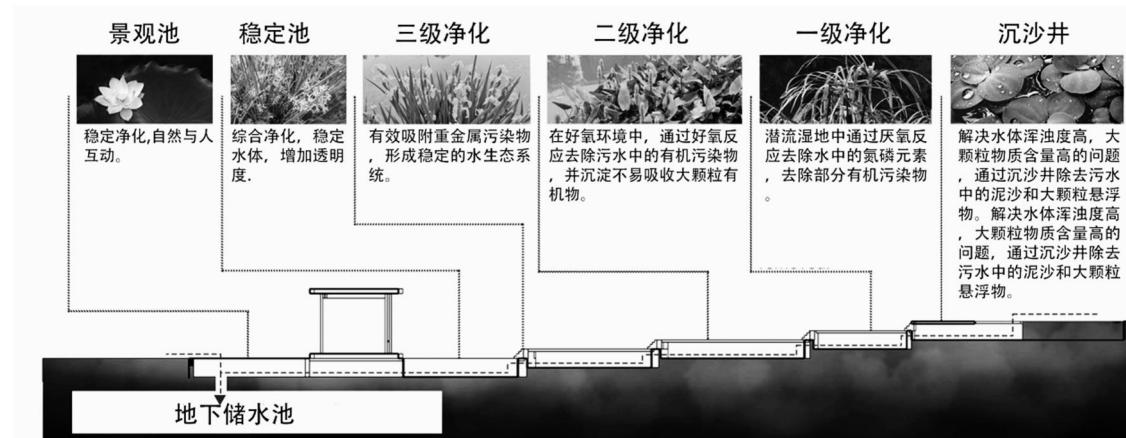


图 7 雨水净化区

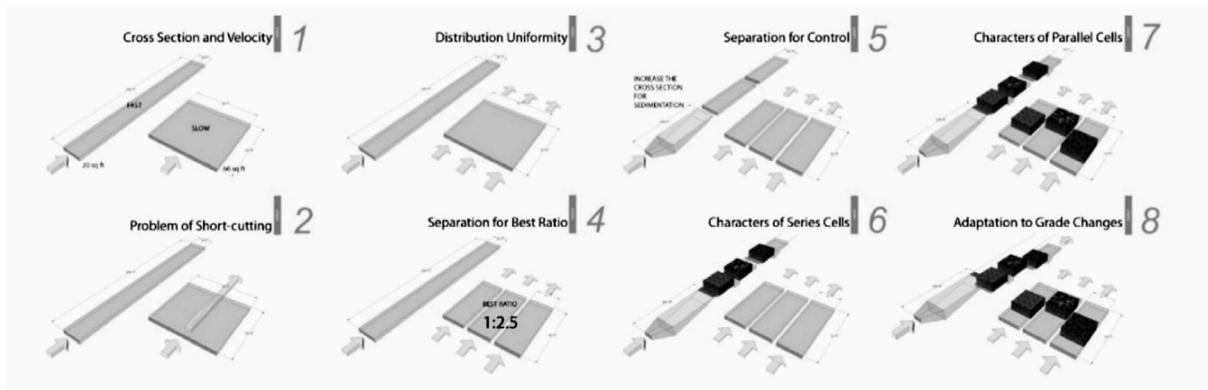


图 8 净化和反复的水利实验图

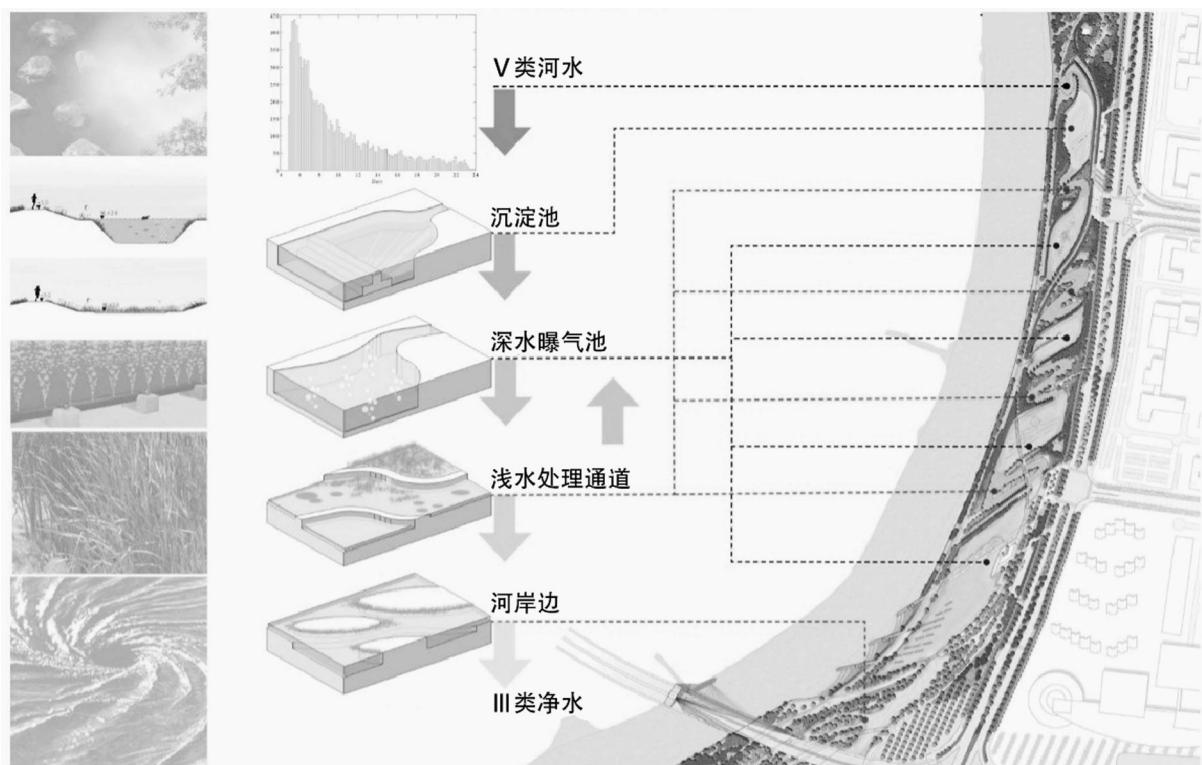


图 9 湿地净化系统分析图

商业区。该项目利用多级的沉降池、曝气池、水渠和湿地形成一个完整的雨洪管理和水质净化体系,利用科学的阻滞时间与流速调控技术,实现生态效益与社会效益的最大化(图9)。这一模式不仅成功改善了水质,还为未来的水质治理和景观设计提供了实践参考。

4 结语

滨河缓冲带景观的低影响开发研究表明,作

为城市与水域交界地带,滨河缓冲带以其敏感的水文肌理、多层次自然地形和多样化植被空间,成为低影响开发理念的理想场所。在景观设计中,以生态优先为核心,通过沉降、渗透、过滤和蓄存等多级雨水处理措施,实现水资源的高效利用和雨水链闭环管理,进一步增强生态系统稳定性和水土保持能力,同时提升生物多样性,营造独特生态景观。

但研究存在一些不足。首先,在理论方面对

低影响开发相关领域的多学科研究尚不充分,例如与水文、生态、工程等专业的协同分析存在欠缺。其次,在实际操作中,不同低影响设施与复杂景观功能的协同设计,仍需要更系统化的解决方案和技术支持。尽管如此,随着生态保护意识的提升,低影响开发在风景园林中的应用前景广阔。通过多学科合作与深入研究,可优化设施与景观功能结合,为行业创新发展提供更多实践和理论支持。

参考文献(References):

- [1] Spillett P B, Evans S G, Colquhoun K. International Perspective on BMPs/SUDS: UK – Sustainable Stormwater Management in the UK[R]. EWRI, 2005.
- [2] Dietz E M, Clausen C J. Stormwater runoff and export changes with development in a traditional and low impact subdivision[J]. Journal of Environmental Management, 2008, 87(4) : 560—566.
- [3] US EPA. Low Impact Development(LID): A Literature Review[R]. United States Environmental Protection Agency, 2000. EPA - 841 - B - 00 - 005.
- [4] Martin C, Ruperd Y, Legret M. Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 181(1) : 338 – 349.
- [5] US EPA. National Water Quality Inventory, 2000 Report[R]. 2002.
- [6] 龙岩, 刘珂璇, 张子怡, 等. 低影响开发设施的水文与水环境效应评估[J]. 水电能源科学, 2024, 42(06) : 54 – 58.
- [7] 周煜溪, 杨媛媛, 邵磊. 基于低影响开发理念的给水厂设计[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2024, 34(03) : 8 – 13, 77.
- [8] 田坤, 宫永伟, 陈世杰, 等. 深圳新城公园低影响开发改造工程效果[J]. 深圳大学学报(理工版), 2023, 40(03) : 370 – 378.
- [9] 韩春利, 熊新竹, 陈瑶, 等. 基于低影响开发理念的海绵服务区径流污染控制技术[J]. 交通运输研究, 2023, 9(02) : 42 – 52.
- [10] 钱思维. 基于低影响开发的滨水景观空间设计——以浙江安吉县灵溪公园为例[J]. 美术教育研究, 2023, (06) : 126 – 128.
- [11] 郭乘伸, 邱玉磊. 基于低影响开发理念的道路景观改造设计——以徐州市欣欣路为例[J]. 美与时代 城市, 2022, (11) : 49 – 51.
- [12] 刘谦. 城市滨河绿道低影响开发雨洪管理的景观规划设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [13] 张仕烜, 陈文强. 低影响开发在武汉地区中学校园景观设计的应用研究——以武钢三中雨水花园优化设计为例[J]. 鞋类工艺与设计, 2024, 4(16) : 157 – 160.
- [14] 孙宝芸, 汪子皿, 鲁泓麟, 等. 北方地区公交港湾停靠站路段低影响开发研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2024, 26(02) : 185 – 190.
- [15] 张煜森. 基于雨洪管理的山地丘陵区小流域景观规划设计[D]. 郑州: 河南农业大学, 2023.
- [16] 北京市规划和自然资源委员会. DB11/T 685—2021 海绵城市雨水控制与利用工程设计规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [17] 李彤, 于洋, 李梦春, 等. 陕西洛河河岸明清古村落低影响开发与数字化保护[J]. 百科知识, 2024, (15) : 41 – 42.
- [18] 戚建, 文哲, 柏海. 低碳绿色建造与海绵城市低影响开发技术[J]. 安装, 2023, (01) : 71 – 73.
- [19] 闫泽铭, 刘闫丰. 城镇住宅建设中的低影响开发设施应用研究[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(03) : 178 – 180.
- [20] 银翼翔, 秦华鹏, 余淑琦, 等. 低影响开发小区降雨径流的滞留与滞后效应[J]. 深圳大学学报(理工版), 2022, 39(02) : 142 – 151.
- [21] 方美清, 王晶晶, 孙朗富. 基于低影响开发的盐城市老旧社区弹性景观设计[J]. 水利规划与设计, 2022, (10) : 15 – 20.
- [22] 巴传祥. 基于海绵城市理论的城市滨河绿道景观设计研究——以深圳大沙河为例[D]. 荆州: 长江大学, 2022.
- [23] 中国环境科学研究院. 河湖生态缓冲带保护修复技术指南[Z]. 北京: 中华人民共和国生态环境部, 2021.
- [24] 杨泽宇. 健康城市视角下的滨河绿道研究综述[J]. 建筑与文化, 2019, (04) : 163 – 164.
- [25] 北京建筑大学. 海绵城市建设技术指南——低

- 影响开发雨水系统构建[Z]. 北京: 住房和城乡建设部, 2014.
- [26] 广州市水务规划勘测设计研究院. 广州市海绵城市规划设计导则——低影响开发雨水系统构建[Z]. 广州: 广州市水务局, 2017.
- [27] 中国环境科学研究院. 浙江省河流生态缓冲带划定与生态修复技术指南[Z]. 杭州: 浙江省生态环境厅, 2020.
- [28] 朱玲, 王睿, 魏宜, 等. 生态系统服务视角下的城市滨河缓冲带生态修复策略研究[J]. 景观设计, 2020, (06): 4 - 11.
- [29] 王婧雯. 低影响发展理念下城市河道景观优化研究[D]. 郑州: 华北水利水电大学, 2021.
- [30] 李晓. 基于低影响开发的滨河缓冲带景观设计研究[D]. 北京: 北京农学院, 2017.

作者简介:

第一作者/通讯作者: 史秀, 1987 年生, 女, 山东省济宁人, 辽宁省城乡建设规划设计院有限责任公司, 高级工程师, 主要研究方向为风景园林。Email: 1016787625@qq.com

Research on Landscape Design of Riparian Buffer Zone based on Low Impact Development

SHI Xiu *

(Liaoning Urban and Rural Construction Planning and Design Institute Co., Ltd., Shenyang 110000, China)

Abstract: Based on the Low Impact Development (LID), the integration of ecological protection and landscape design is explored in the construction of riparian buffer zones to further enhance the functions of wetland ecosystems along the rivers, promoting aquatic ecological security and urban sustainable development. By analyzing the existing problems in the construction of riparian buffer zones and combining LID technical means, the study proposes three principles of landscape design for riparian buffer zones under LID concept. Rainwater management strategies are proposed in three stages: initial source reduction and decentralized control, intermediate purification and transmission, and final centralized treatment. The functions and ecological benefits of facilities during each stage are summarized in conjunction with typical cases. The results show that LID measures can effectively reduce the scouring of river channels by runoff and reduce pollutant emissions through rainwater infiltration, detention, purification, and recycling, ultimately restoring the ecological functions of riparian buffer zones.

Key words: low impact development; ecological protection; riparian buffer zone; landscape design

中国农户耕地质量保护行为研究现状与展望

李 阳, 李全峰*

(东北农业大学公共管理与法学院, 哈尔滨 150030)

摘要:农户是耕地质量保护的直接主体, 研究农民耕地质量保护行为, 是实现耕地保护战略目标, 保障国家粮食安全的关键。当前农户耕地质量保护行为研究片面强调单一因素, 缺乏综合性分析, 使得农户参与耕地质量保护的积极性不足。本文通过文献梳理与归纳总结, 发现农户耕地质量保护行为逻辑是动态、跳跃的过程, 一般沿“了解→认知→意愿→决策→行为”的逻辑路径。现有文献研究存在视角局限, 未对影响农户耕地质量保护行为的内外因素进行全面系统分析。未来研究应关注多元主体在耕地质量保护中的角色与互动, 深入识别农户耕地质量保护行为关键障碍因素, 建立农户耕地质量保护政策长效激励机制。

关键词:耕地质量保护; 农户行为; 研究进展

中图分类号:F301.21

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2024)10-0022-8

0 引言

农户是耕地的直接经营管理者, 也是耕地质量保护的直接主体^[1]。农户保护耕地质量行为可以分为两大方面:一是土壤肥力维护与提升, 二是耕作基础设施的完善与优化^[2]。长期以来我国耕地粗放利用与过度利用并存, 导致总体质量水平不高, 对国家粮食安全及农业可持续发展造成严重威胁。党中央高度重视耕地质量保护以及农户耕地质量保护行为研究, 自 2018 年起通过“乡村振兴战略”强化土地整治与高标准项目, 稳步提升耕地质量。2020 年, 中央进一步推进土壤污染治理、农用地修复, 并实施农药化肥除草剂减量措施。2024 年中央一号文件就耕地保护提出深化措施, 包括完善质量验收、改革占补平衡及加强退化耕地治理^[3], 旨在提高耕地质量, 增强农业的抗风险能力, 保障国家粮食安全^[4]。通过在中国知网和 ScienceDirect 数据库检索关于“耕地质量保护”及“农户耕地质量保护行为”文献, 共整理出 264 篇。研究发现, 学者们主要关注影响因素、耕地质量保护行为、农户认知和意愿、农户参与、耕地保护经济补偿、农业

补贴政策等。但在多元农业经营主体在耕地质量保护中的角色互动、政策长效激励机制以及土地流转、技术采纳障碍因素方面研究仍有不足。因此, 本文在总结前人研究的基础上, 系统梳理农户耕地质量保护行为逻辑路径, 分析研究现状, 提出研究展望, 旨在为农户耕地质量保护行为研究提供理论支撑。

1 中国农户耕地质量保护行为研究现状

农户行为理论在农地保护领域的应用, 形成了耕地保护行为理论。自国家明确了十八亿亩耕地的红线后, 耕地保护的重点转向了质量的提升。农户是耕地质量保护的直接参与者, 对农户耕地质量保护行为的研究显得尤为重要。目前的研究主要集中在三个领域:一是耕地保护责任主体的研究;二是耕地保护政策的发展演变;三是影响农户耕地保护行为的多种因素。

耕地质量保护主体方面, 研究从地方政府负责为主到农户负责为主转变。李志等学者认为, 耕地保护职责不应局限于政府和农户, 非营利组织或协会亦应分担此重任^[5], 然而, 学术界主流观点认为农户是耕地保护的核心力量^[6]。作为

耕地直接使用者,农户行为对于耕地质量保护至关重要,需积极参与其中^[7]。随着研究不断演进,耕地保护被细化为数量保护与质量保护两大领域,前者依赖政府的力量,后者则更多地依赖于农户努力。郭芬等人研究发现,农户作为基层实施单元,既是耕地保护具体措施的执行者,也是决策的制定者,对耕地质量保护具有决定性影响^[8]。

耕地保护政策研究方面,1981—2003年强调数量保护,这个阶段主要为解决经济社会发展与耕地保护的矛盾^[9],中国第一部《土地管理法》颁布,土地征收、征用制度以及土地用途管制制度等也相继颁布,但在理论与实践方面缺乏系统性与整体性。2004—2011年为数量保护,质量并重阶段,这个阶段社会经济占主导地位,中国耕地数量质量仍在急剧下降,因此在这个阶段提出了耕地保护补偿机制。《关于提升耕地保护水平全面加强耕地质量建设与管理的通知》明确了“三位一体”保护的内涵,即耕地数量、质量、生态的全面保护。

农户耕地质量保护行为影响因素研究方面,主要涉及影响农户耕地保护行为的自然、经济社会等资源禀赋。刘桃菊强调,农民是耕地质量和生态保护的关键所在,其主观能动性的发挥直接

关系到耕地保护效果及制度的执行力^[10]。石志恒则指出,在政府政策引导和激励下,农户可以通过加强农田基础设施建设等方式,有效提升耕地质量^[11]。关于农户与耕地质量保护研究,主要聚焦于农户意愿与行为,而农户意愿又受到家庭状况、耕地经营情况、个人情感等多重因素影响。吴璟等人研究表明,经济、生态和情感价值认知能够激发农户参与意愿,而年龄增长则会削弱这种意愿,此外,男性和家庭劳动力较多的农户往往表现出更强的参与意愿^[12,13]。

本文通过 Citespace 关键词共现分析,发现学者们研究农户耕地质量保护行为主要围绕影响因素、保护行为、农户的认知与意愿、农户参与度、耕地保护经济补偿机制、农业补贴政策、社会网络以及耕地保护政策等多个方面展开,详见图 1。

2 农户耕地质量保护行为理论逻辑

基于农户是否拥有土地以及拥有土地的方式不同会产生不同的人地关系,加之外在环境因素的共同作用下,影响农户耕地质量保护行为逻辑,产生不同农户行为理论。要对农户耕地质量保护行为进行研究,关键在于理解其行为逻辑^[14]。农户行为逻辑通常遵循“了解→认知→意愿→决策→行为”过程,此过程中包含五种主



图 1 关键词共现图

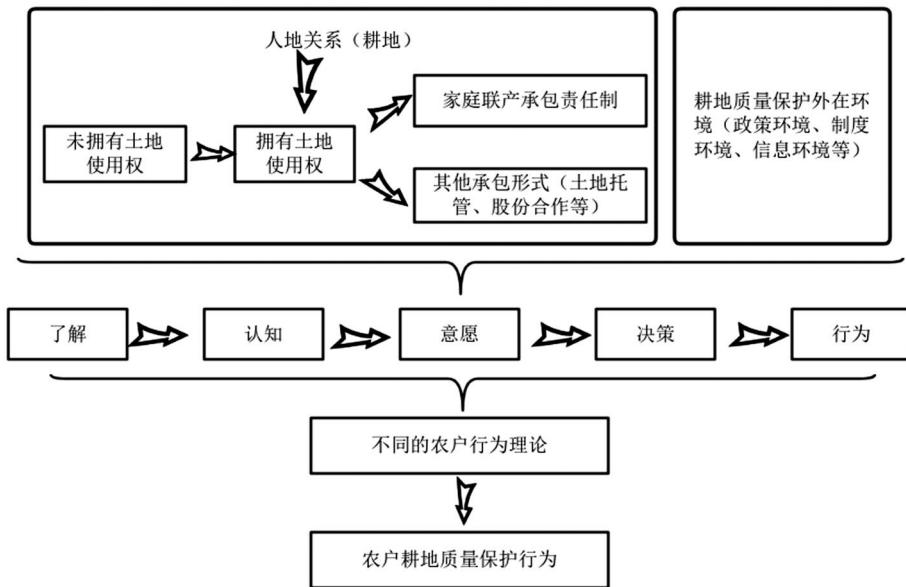


图 2 农户耕地质量保护行为逻辑图

要观点,具体逻辑路径见图 2。

2.1 刺激—反应理论

基于刺激 – 反应理论,农户耕地质量提升行为遵循“了解→认知→意愿→决策→行为”路径,外部政策与环境为刺激源,农户心理过程为“黑箱”,连接刺激与反应。了解并遵循政策是其心理反应的结果^[15]。心理反应是农户采取耕地质量保护行为的内在推动力,心理反应的强度影响农户耕地质量保护行为发生概率大小^[16]。张俊飚等在湖北水稻主产区调研农户适宜性耕作行为时发现,正规机构发布的气候变化信息能显著促进农户采取适宜耕作行为,但效果主要取决于信息能否提升农户对气候变化的认知^[17]。

2.2 风险认知理论

风险认知理论研究个体如何感知、评估和理

解风险,以及这些认知如何影响个体行为。基于风险认知理论,农户耕地质量保护行为经过“认知→意愿→决策→行为”的路径,即农户基于识别和感知农业生产中潜在风险的过程中可能存在认知偏差,进而产生不同决策,导致差异化的行为。农户在认知风险的基础上会产生农业生产和管理决策,包括种植选择、技术采纳、风险管理策略等。刘洪彬等调查 238 户农户发现,耕地质量保护认知对其决策行为有显著影响,认知与意愿程度越高,农户采取保护行为的概率越大^[18]。

2.3 理性小农理论

农户耕地质量保护行为遵循“认知→决策→行为”路径,基于舒尔茨理性小农理论,农户在特定条件下能理性地优化资源配置,作为理性

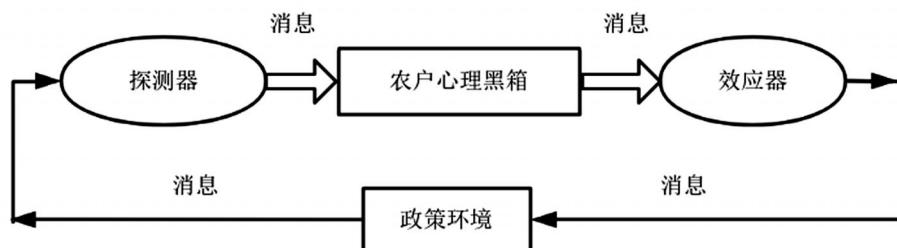


图 3 刺激—反应模型

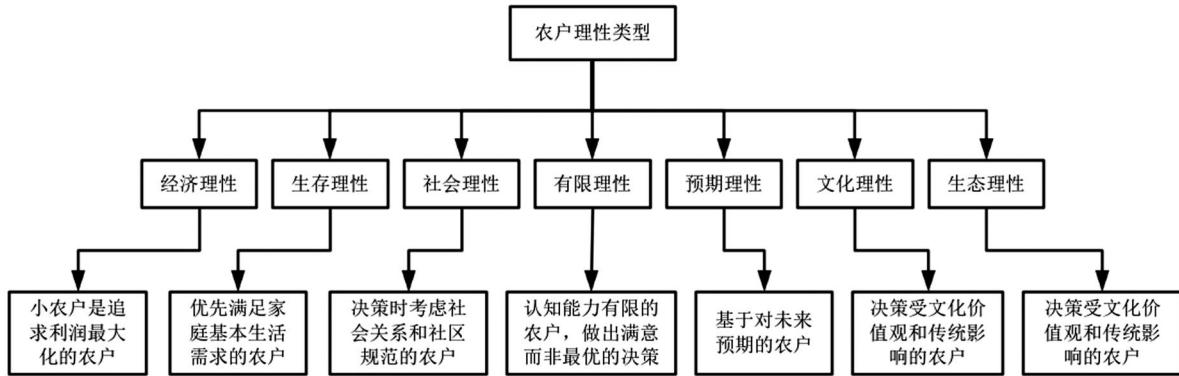


图4 农户理性类型

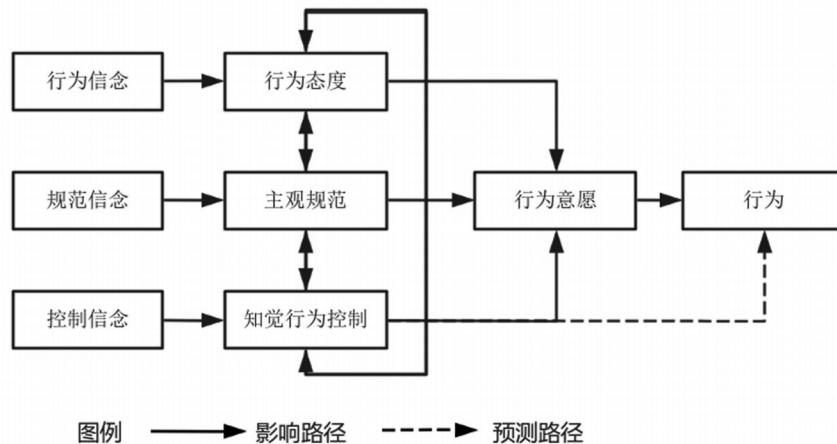


图5 计划行为理论经典模型

“经济人”行动^[19]。即农户会根据事先确定目标,收集相关方面的信息,确定不同备选方案后做出决策,基于决策付出行动。周慧秋等研究黑龙江省水稻种植户时发现,水稻种植大户土地形式多以转让和承包为主,种植大户愿意扩大生产规模,采用先进技术,进行规模生产,追求利润最大化;普通水稻种植户由于经营规模小,所以生产相对保守,对新技术的认知和接受上存在观望^[20]。此外根据理论流派不同,小农户理性行为可以分为以下几种类型,详见图4。

2.4 计划行为理论

基于计划行为理论,农户耕地质量保护行为遵循“认知→意愿→决策→行为”路径^[21],计划行为理论遵循行为人有限理性假设,从信息加工的角度解释个体行为的一般决策过程,详见图

5。行为意向越强,农户采取行动的可能性越大,两者高度相关。谢花林等学者研究江西南部690户农户时发现,农户的耕地撂荒行为是由其对撂荒的认知(包括态度、社会规范、行为控制感)影响其撂荒意愿,进而决定行为^[22]。

2.5 诱导行为理论

诱导行为理论是一种研究如何通过特定手段或策略影响他人行为的理论。它涉及心理学、社会学、经济学等多个学科领域,旨在揭示外部因素如何作用于个体,从而改变其思维、情感和行为模式,详见表1。在此理论下,农户耕地质量保护行为遵循“认知→决策→行为”路径^[23],即政府通过税收优惠、提供补贴等政策激励措施影响农户认知,农户认识到政府鼓励行为后,积极认知能提升农户采取政策期待行为概率。贺

表 1 诱导行为理论具体内容

诱导行为要素	具体内容
诱导者	实施诱导行为的主体
被诱导者	接受诱导行为的个体
诱导手段	诱导者使用的策略或方法
外部因素	影响诱导行为的外部环境因素
个体差异	被诱导者之间的不同反应
道德和法律	对诱导行为的约束和规范

林波等人研究发现,这适用于东、中、西及东北地区农户的休耕行为,研究发现,生态补贴能显著促进农户休耕行为,补贴足够弥补损失时农户会选择休耕,反之则不参与。此外,农户对政策的认知水平也影响其是否参与休耕决策^[24]。

3 评述与研究展望

3.1 研究评述

本文通过文献整理,归纳出农户耕地质量保护行为的逻辑路径,关键驱动力包括认知程度、政策激励、经营规模、土地权属稳定和技术采用等。不同的区域进行差异性的调节相关驱动力,能提高农户耕地质量保护行为的积极性以及采取耕地质量保护行为的概率^[25]。同时,从研究视角、内容和方法三方面归纳了现有研究。

(1) 从研究角度看,一是现有研究多从单一视角(如农户、制度或行为)出发,如土地轮作、休耕制度或传统农户行为,而针对多元农业经营主体和耕地流转方式研究较少。农户耕地质量保护行为作为一种复杂的社会性行为,需要考虑多元农业经营主体的角色互动,进行综合系统分析。二是在国家大力培育多元农业经营主体的政策背景下,不同农业经营主体对于耕地质量保护行为践行方式与实施效果必然是不同的,但是目前相关方面研究较少。三是农村耕地流转方式较为单一,导致土地流转效率低下,土地经营权不稳,进而导致耕地细碎化及耕地抛荒弃荒问题严重,针对这一方面提出恰当的政策是未来研究农户耕地质量保护行为的必经之路。

(2) 研究内容上,一是保护性耕作技术采纳

障碍因素,政策激励长效机制等方面还有待进一步研究。保护性耕作技术是保障农业可持续发展的重要措施,但现有研究多集中于农户认知、接受度和采纳意愿等表象,缺乏深入探析采纳障碍因素的研究^[26]。二是政府颁布的一系列正向政策对于农户耕地质量保护行为具有积极引导作用,现有的文献偏好研究政府的单一政策对农户行为的影响,如农业补贴政策对耕地抛荒的影响,研究关注政策短期效应,没有对政策的长效激励机制进行研究。

(3) 研究方法上,数据获取困难以及后期数据处理方式单一。现有研究农户耕地质量保护行为的文献数据获取大多依靠实地调研、在线访谈等方式,最后需要剔除大量无效问卷,少数研究需要获得地方的净初级生产量(NPP, Net Primary Production)数据和遥感监测数据,在获取路径上存在问题;而作物生长模型、田野实验法、实地采样法等方法的文献较少。其次实地调研数据的后期处理大都借助 SPSS 软件与 Stata 软件进行回归分析,处理方式单一。

3.2 研究展望

(1) 在耕地质量保护主体研究方面,当前应加强多元农业经营主体(政府、传统农户、家庭农场、合作社、企业)在耕地保护行为差异上的研究^[27]。政府、农户、企业等不同主体在耕地质量保护中的作用有所不同,多元农业经营主体下各类耕地质量管理要素的利用与制度也存在差异,有效协同多元农业经营主体构建耕地质量调控模式,对于有针对性地开展耕地质量障碍因子整治对耕地可持续利用具有重要的作用。未来研究重点应关注多元农业主体耕地保护行为差异、现状及影响因素。

(2) 在耕地保护政策演进研究方面,应对政策激励长效机制进行探究,政策激励对农户耕地质量保护行为具有显著正面效应。未来研究可以聚焦于提升农户对耕地质量保护认知水平、推动规模经营、确保土地经营权稳定以及加大农业补贴力度,这些将是研究农户耕地质量保护行政策长效激励机制重要切入点。

(3) 在农户耕地质量保护影响因素研究方面,①当前农村耕地流转不规范,中介服务滞后,导致流转不畅,多限于亲朋间,租赁期限短或不确定^[28]。短期导向的流转影响农户对耕地的投入,深入研究耕地流转存在的障碍因素,是未来研究农户耕地质量保护行为的重要驱动力。②针对土地质量的分类标准进行研究,明确耕地保护责任中农户、耕地租用者以及村集体的权责边界^[29]。识别农户在采纳保护性耕作技术时面临的障碍,是激发农户积极性关键所在^[30]。因此,有必要深入开展实地调研工作,分析农户在耕地质量保护实践中的顾虑。

4 结语

从人地关系出发,针对农户是否拥有土地的使用权,结合外部环境影响,农户耕地质量保护行为逻辑会产生动态变化,进而衍生出不同的农户行为理论。农户耕地质量保护行为常遵循“了解→认知→意愿→决策→行为”路径,不同理论行为逻辑存在动态跳跃的可能性。其次,对农户耕地质量保护研究动态从耕地保护主体研究、耕地保护政策演进研究及农户耕地保护行为影响因素研究三个部分进行归纳。基于 CiteSpace 软件对国内外文献进行关键词共现分析发现,当前学者围绕着农户耕地质量保护行为的研究主要集中在影响因素研究、耕地质量保护行为、农户认知和意愿、农户参与、耕地保护经济补偿、农业补贴政策等方面。未来在耕地质量保护主体研究方面应在研究多元农业经营主体耕地保护行为差异上,考虑多元农业经营主体角色互动,从而加强农户耕地质量保护行为效果。在耕地质量保护政策方面聚焦于建立政策激励长效机制,保障农业可持续发展。在耕地质量保护影响因素研究方面从农地流转障碍因素,保护性耕作技术采纳障碍两个重点进行研究,进而激发农户耕地质量保护积极性。

参考文献(References):

[1] 尚惠芳,易小燕,张宗芳.农户耕地质量提升行为

的逻辑路径与驱动力:研究进展与展望[J].中国生态农业学报(中英文),2021, 29 (07): 1253 – 1261.

- [2] 郝培言,林庶民.耕地保护政策与农户耕地质量保护行为研究进展[J].中南农业科技,2024, 45(04): 222 – 227.
- [3] 王庆日,郎海鸥,仲济香,等.2023年土地科学研究重点进展评述及2024年展望[J].中国土地科学,2024, 38(03): 92 – 104.
- [4] 龙云,杨湘粤,刘保平.南方红壤区农户耕地质量保护行为影响因素研究:基于邵阳市不同规模农户的调查[J].安徽农业科学,2023, 51(06): 216 – 222.
- [5] 李志,符平杰,江泰,等.近十年我国耕地保护政策的回顾与启示[J].中国国土资源经济,2024, 37(01): 63 – 75.
- [6] 马爱慧,李鸿.农户参与耕地保护受偿额度及执行保护意愿影响因素分析[J].上海国土资源,2015, 36(01): 44 – 48.
- [7] 丁洪建,吴次芳,梁留科.耕地保护理念的创新研究[J].中国土地科学,2002, (04): 14 – 19.
- [8] 郭芬,金建君,张晨阳,等.农户保护性耕作技术采纳行为及其影响因素研究综述[J].地理科学进展,2022, 41(11): 2165 – 2177.
- [9] 翟文侠,黄贤金.我国耕地保护政策运行效果分析[J].中国土地科学,2003, (02): 8 – 13.
- [10] 刘桃菊,陈美球.中国耕地保护制度执行力现状及其提升路径[J].中国土地科学,2020, 34(09): 32 – 37 + 47.
- [11] 石志恒,崔民,张衡.基于扩展计划行为理论的农户绿色生产意愿研究[J].干旱区资源与环境,2020, 34(03): 40 – 48.
- [12] 吴璟,王天宇,王征兵.社会网络和感知价值对农户耕地质量保护行为选择的影响[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2021, 21(06): 138 – 147.
- [13] 吴璟,王征兵,娄季春.家庭内部分工视角下的农户耕地质量保护意愿[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2020, 20(04): 131 – 140.
- [14] 杨高第,张露.农业生产性服务对农户耕地质量保护行为的影响:来自江汉平原水稻主产区的证据[J].自然资源学报,2022, 37(07): 1848 – 1864.

- [15] 杜国明, 范晓雨, 于凤荣. 耕地“非粮化”演化机制与治理策略——基于刺激—反应模型的案例研究[J]. 中国土地科学, 2023, 37(08): 52–61.
- [16] 李博, 王瑞梅. 土地产权稳定性对农户耕地质量保护行为影响综述[J]. 资源科学, 2021, 43(05): 909–920.
- [17] 王泽惠, 张俊飚, 梁志会. 气候变化信息来源对农户适应性耕作行为决策的影响: 来自湖北省水稻主产区的经验证据[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(09): 135–145.
- [18] 刘洪彬, 王秋兵, 吴岩, 等. 耕地质量保护中农户的认知程度、行为决策响应及其影响机制研究[J]. 中国土地科学, 2018, 32(08): 52–58.
- [19] 殷治琼. 小农户与现代农业发展有机衔接问题研究: 基于舒尔茨“理性小农”思想下的家庭农场与乡村振兴[J]. 现代商贸工业, 2018, 39(32): 15–18.
- [20] Das A, Lal R, Patel D, et al. Effects of tillage and biomass on soil quality and productivity of lowland rice cultivation by small scale farmers in North Eastern India[J]. Soil & Tillage Research, 2014, 14350–14358.
- [21] 宋钰, 杨颖颖, 王家合, 等. 基于计划行为理论的农户耕地“非粮化”行为决策影响因素[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(09): 247–259.
- [22] 谢花林, 黄萤乾. 不同代际视角下农户耕地撂荒行为研究——基于江西省兴国县 293 份农户问卷调查[J]. 中国土地科学, 2021, 35(02): 20–30.
- [23] 贺梅英, 庄丽娟. 市场需求对农户技术采用行为的诱导: 来自荔枝主产区的证据[J]. 中国农村经济, 2014, (02): 33–41.
- [24] 吴昊昊, 贺林波. “诱导—自发”二分下农户休耕行为影响因素分析[J]. 农业现代化研究, 2023, 44(06): 1014–1023.
- [25] 卢华, 周应恒. 效益预期对农户耕地质量保护行为的影响研究: 来自江苏的经验证据[J]. 江西财经大学学报, 2021, (02): 80–92.
- [26] 余志刚, 宫熙, 崔钊达. 社会资本如何影响农户保护性耕作技术采纳?: 兼论价值认知和土地转入的中介调节效应[J]. 农林经济管理学报, 2022, 21(04): 414–423.
- [27] 蔡颖萍, 杜志雄. 家庭农场生产行为的生态自觉性及其影响因素分析: 基于全国家庭农场监测数据的实证检验[J]. 中国农村经济, 2016, (12): 33–45.
- [28] 郭健斌, 刘天平, 宋连久. 西藏农村土地流转的问题与对策[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(12): 198–201.
- [29] 盖豪, 颜廷武, 何可, 等. 社会嵌入视角下农户保护性耕作技术采用行为研究: 基于冀、皖、鄂 3 省 668 份农户调查数据[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(09): 2141–2153.
- [30] 张永强, 田媛, 王珧. 农户认知视角下保护性耕作技术采纳行为研究——以东北黑土区黑龙江省为例[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(02): 275–284.

作者简介:

第一作者:李阳,2000 年生,女,山东临沂人,东北农业大学公共管理与法学院,主要研究方向为耕地质量保护。Email:2137228966@qq.com;

通讯作者:李全峰,1987 年生,男,黑龙江佳木斯人,博士,东北农业大学公共管理与法学院,副教授,主要研究方向为耕地利用与保护。Email:quanfeng.li@neau.edu.com

Research on the Current Status and Prospects for Farmers' Protection Behaviour of Cultivated Land Quality in China

LI Yang, LI Quanfeng*

(School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Farmers are the direct main body of arable land quality protection. And the research of farmers' protection behaviour of cultivated land quality is the key to achieve the strategic goal of arable land protection and guarantee national food security. The current research on farmers behaviour of cultivated land quality protection unilaterally emphasizes single factors without comprehensive analysis, which leads to less participation in the protection of cultivated land quality for the farmers. In this paper, based on the literature review and summarization, it's found that the logic for the farmers' protection behaviour of cultivated land quality is a dynamic and jumping process, which generally follows the path of "understanding→cognition→willingness→decision→making→behaviour". The research reviews are limited within the existing studies, which hardly shows a comprehensive and systematic analysis for the internal and external factors affecting the farmers' protection behaviour of cultivated land quality. The future research should focus on the roles and interactions of multiple subjects in the protection of cultivated land. The key obstacles for the farmers' protection behaviour of cultivated land quality are identified in depth with establishing a long - term incentive mechanism for the farmers' protection behaviour of cultivated land quality.

Key words: protection of cultivated land quality; farmers' behavior; research progress

基于“三生”功能的土地利用转型与生态环境效应

——以武汉市为例

叶一衡^{*}, 张文慧

(中南民族大学公共管理学院, 武汉 430000)

摘要:平衡土地资源利用与环境保护之间的矛盾在城市化快速发展进程中尤为重要。本文选取武汉市 2000–2020 年的土地利用数据, 基于“三生”功能的概念对土地利用类型进行了重新分类, 通过土地利用转移矩阵、生态环境质量指数、土地利用转型的生态贡献率等方法, 分析了区域土地利用的转型的时空演变特征及其对生态环境的影响。研究发现: 研究区域内不同土地类型的时空演变较为稳定。空间上, 生产用地主要分布在中心城区外的大部分地区; 生活用地主要集中在中心城区内; 生态用地主要集中在区域北部, 水域生态用地错落分布在整个研究区内。时间变化上, 生产用地减少, 生态用地先增后减, 生活用地持续增长。区域整体生态环境质量指数值逐年下降, 其空间分布与土地利用分布关联性明显, 郊区明显高于中心城区, 呈现中间低, 四周高的空间格局, 质量较低的区域由中心城区向外扩张。研究区域内不同土地利用类型间的转换对生态环境的影响差异性明显。

关键词:三生功能; 土地利用转型; 生态环境效应

中图分类号:X24

文献标志码:A

文章编号:1672–2736(2024)10–0030–10

0 引言

改革开放以来, 快速发展的城镇化和工业化引起了社会经济要素与自然环境的不断重组和相互作用, 生态文明建设与经济社会发展之间的矛盾成为制约区域可持续发展的关键因素^[1]。区域发展面临土地利用低效、城市规划缺乏合理性和生态环境恶化等一系列问题^[2]。在国家总体发展方针中, “生态文明”被确立为发展理念, 提出了“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的国土空间优化方案; 党的二十大报告中强调“必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念, 站在人与自然和谐共生的高度谋划发展”^[3]。因此, 在区域发展过程中, 如何平衡经济增长和生态保护的矛盾, 是实现区域可持续发展的迫切需要。

土地利用转型强调区域土地利用形态随经济社会变化而变化的转型过程, 涉及土地利用功能和结构变化^[4]。党的十八大报告提出的“生

态–生产–生活空间”的发展目标为土地利用功能转型提供了新思路^[5], “生产–生活–生态”功能分类体系下的土地转型, 能够有效衔接国土“三生”空间规划, 促进国土空间优化和效益提升^[6]。近年来, 有关“三生”功能的内涵研究达成共识: 生产功能为人类提供产品与服务; 生活功能为居住、经济发展和公共服务提供空间; 生态功能提供生态产品与服务, 同时承载资源消耗和环境退化的压力^[7,8]。这三者之间的相互转化反映了人类活动与自然环境的复杂互动^[9], 具体的各类土地类型动态转化能直接影响到区域生态系统服务, 进而改变生态环境质量水平^[10]。在以往研究中, “三生”功能的土地主导功能分类与土地利用转型的结合研究, 能够有效探究区域土地利用转型的生态效应影响, 反映生产–生活–生态空间转型的不合理性^[11–13]。在土地利用主导功能分类的基础上, 吕立刚等^[14]学者指出江苏省土地利用转型与生态环境之间响应规律; 苑韶峰等^[15]从“三生”功能角度出发, 明确了

长江经济带的土地利用转型及其生态环境效应；罗刚等^[16]基于“三生”功能分析了重庆巴南区土地利用转型与生态环境效应。尽管有关土地利用转型及其生态环境影响研究已经引起了学者关注,但目前基于“三生”功能的相关研究仍然较少,特别是在市域尺度的实证研究尚有不足,尤其缺乏对城市中心城区与郊区的异质性现象的描述。

武汉市地处长江流域核心位置,是国家总体生态文明建设的重点城市。近年来的城镇化建设快速推进导致武汉市生产生活用地的大肆扩张,耕地侵占问题严重,生态空间遭受严重挤压,生态问题日益严重。因此,本文基于2000–2020年的三期土地利用数据,分析武汉市在“三生”功能框架下的土地利用功能转型、区域生态环境质量以及研究期内时空演变的特征。通过以上分析,进一步分析土地利用功能转型对生态环境影响的空间差异,由此为统筹武汉市协调发展、优化土地利用配置和推动生态文明建设提供有益建议。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区域概况

武汉市,湖北省的省会,位于中国中部,是长江和汉江的交汇点,位于东经 $113^{\circ}41' \sim 115^{\circ}05'$,北纬 $29^{\circ}58' \sim 31^{\circ}22'$,属北亚热带季风性气候,雨量丰沛、四季分明。地势中部低平,地形以平原和低丘为主,市区内有众多湖泊和湿地,如东湖、汉口里湖等,具有丰富的水体资源,水域总面积占全市土地面积的26.1%。截至2023年,武汉市下辖13个区和6个功能区,常住人口1377.40万人,地区生产总值达20011.65亿元,比上年增长5.7%;人均地区生产总值145471元。

1.2 数据来源及处理

本研究使用土地利用数据(30m)来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>);高程数据(30m)来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)。武汉市行政区划矢量数据来源于国家基础地理信息中心。土地类型划分参考杨清可等^[7]、吕立刚等^[14]学

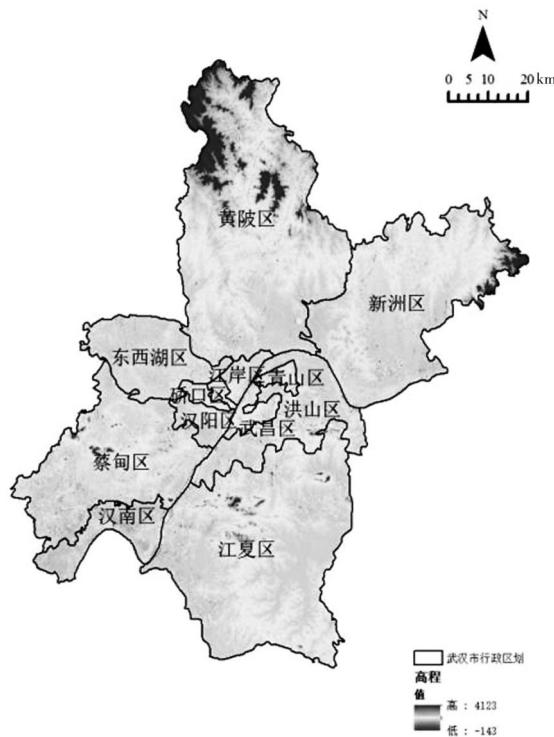


图1 武汉市高程图

表 1 土地利用功能分类及其生态环境质量指数

一级地类	二级地类	土地利用分类系统的二级分类	生态环境质量指数
生产用地	农业生产用地	水田、旱地	0.29
	工业生产用地	工矿建设用地	0.15
	林地生态用地	有林地、灌木林地、疏林地、其他林地	0.87
生态用地	草地生态用地	高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地	0.75
	水域生态用地	河渠、水库坑塘、湖泊、滩地、滩涂	0.58
	其他生态用地	沼泽地、沙地、裸土地、盐碱地、裸岩石质地	0.025
生活用地	城镇生活用地	城镇用地	0.20
	农村生活用地	农村居民点	0.20

者以往研究(表 1)。依据以往学者^[17-19]的研究成果,结合研究区现状,制定生态环境质量系数。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用功能转型

土地利用转移矩阵,是一种用于分析特定区域内不同土地利用类型变化的工具。该方法通过构建一个矩阵,展示了在特定时间段内,各种土地利用类型之间的转移和变化情况^[20]。表达式为:

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{1n} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix} \quad (1)$$

式中, S 为面积; n 为土地利用类型数量; i, j 分别为研究初期与末期的土地利用类型。

1.3.2 生态环境效应

(1)生态环境质量指数,是一种综合评价生态环境质量的工具,能够量化不同环境要素,在一定程度上反映了区域生态环境的健康状况^[21,22]。本文依据土地利用类型的生态环境质量指数及其面积比例,分析生态环境质量的演变情况。其表达式为:

$$EV_t = \sum_{i=1}^n \frac{S_{ki}}{S_k} R_i \quad (2)$$

式中, EV_t 为武汉市 t 时期生态环境质量指数; n 为区域土地利用类型数量; S_{ki} 和 S_k 为该区域第 t 时期第 i 种土地利用类型的面积和区域总面积; R_i 为第 i 种土地利用类型的生态环境指数。

(2)土地利用功能转型生态贡献率,指在土

地利用转型过程中,各类土地利用对生态环境产生的正向或负向影响^[23,24]。表达式为:

$$LEI = (LE_1 - LE_0) LA / TA \quad (3)$$

式中, LEI 为土地利用变化类型生态贡献率; LE_0, LE_1 分别为某种土地利用变化类型所反映的变化初期和变化末期所赋予的生态质量环境指数; LA 为该变化类型的面积; TA 为区域总面积。

2 结果与分析

2.1 武汉市土地利用时空演变

依据图 2 和表 2,不同土地类型的时空演变较为稳定。空间上,生产用地主要分布在中心城区(硚口区、江汉区、江岸区、武昌区、汉阳区)外的大部分地区;生活用地主要集中在中心城区内;生态用地主要集中在区域北部,水域生态用地错落分布在整个研究区内。时间维度上,生产用地在 2010 年减少,至 2020 年略有回升,总体减少 187.97km²,减少区域主要集中在靠近中心城区的郊区;生态用地在 2010 年增加,但 2020 年大幅下降,减少了 389.11km²,以水域生态用地的减少最为明显(129.04km²)。生活用地,在研究时间内持续增长,共计 244.97km²,其中城镇生活用地涨幅最大,增加 232.33km²。

根据图 2 和表 3,农业生产用地、水域生态用地和林地生态用地是武汉市主要的土地利用类型,占总面积的 83.26%。农业生产用地持续减少,面积共减少 586.29km²,但其降幅在后期有

表 2 2000–2020 年武汉市三生功能用地面积/km²

	2000 年	2010 年	2020 年
生产用地	5346.76	5055.08	5158.79
生态用地	2680.56	2762.74	2373.63
生活用地	550.58	760.19	795.55

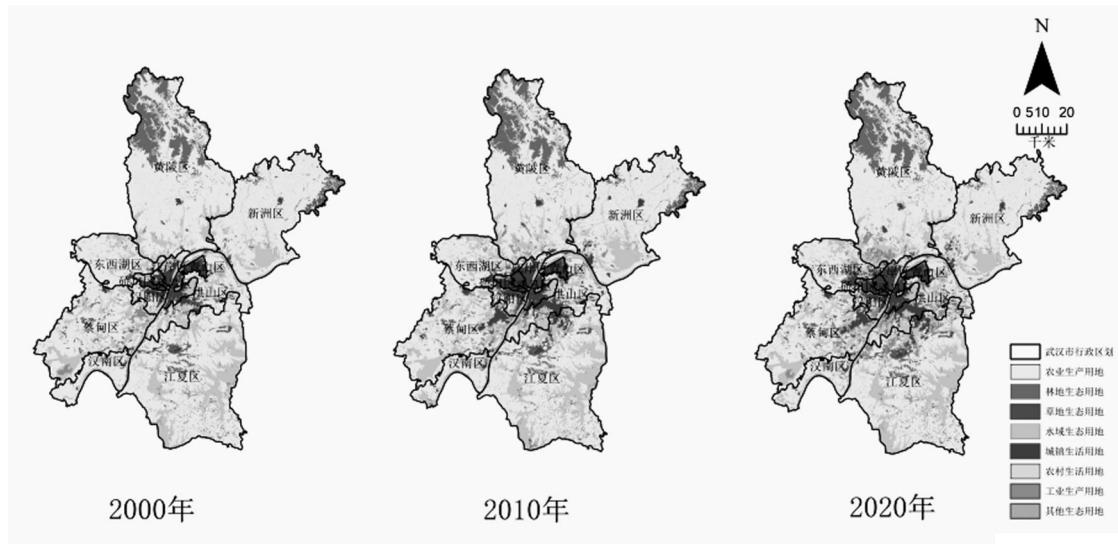


图 2 2000—2020 年武汉市“三生”功能土地利用现状图

所放缓。水域生态用地在 2000–2010 年间,大幅增加 104.92km²,但在 2010 年后锐减 129.04km²。林地生态用地保持增长,集中在黄陂区北部地区。草地生态用地和其他生态用地占比较小,保持稳定态势。城镇生活用地变化幅度最大,增加 232.33km²,主要集中在中心城区。另外,工业生产用地不断向外扩张。

2.2 土地利用功能转型分析

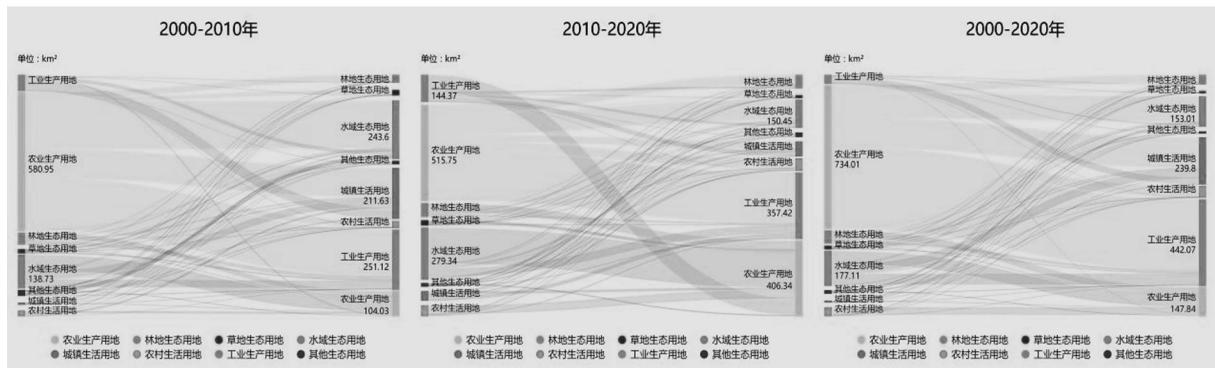
依据图 3 表明,研究区内 2000–2020 年的

土地利用转移矩阵。具体分析如下:

(1) 2000–2020 年,转出面积较大的是农业生产用地和水域生态用地,分别为 734.01km² 和 177.11km²;转入面积变化最大的是工业生产用地、城镇生活用地、水域生态用地,分别为 422.07km²、239.80km² 和 153.01km²。其中以农业生产用地转为工业生产用地最大为 361.65km²,其次是转为城镇生活用地 151.70km² 和水域生态用地 124.82km²。

表 3 2000–2020 年武汉市“三生”功能土地利用用地面积/km²

年份	2000 年	2010 年	2020 年
农业生产用地	5238.15	4761.24	4651.86
工业生产用地	108.61	293.84	506.93
林地生态用地	796.41	779.29	777.95
草地生态用地	72.07	76.93	63.85
水域生态用地	1736.18	1841.10	1712.06
其他生态用地	75.91	65.42	69.64
城镇生活用地	295.76	500.05	528.09
农村生活用地	254.82	260.15	267.46

图 3 2000—2020 年武汉市“三生”功能土地利用变化转移矩阵/km²

(2) 2000—2010 年, 转出的类型主要是农业生产用地和水域生态用地,农业生产用地分别向城镇生活用地、工业生产用地以及水域生态用地转入 119.42 km^2 、 193.37 km^2 和 197.78 km^2 ; 水域生态用地转出类型涉及农业生产用地、工业生产用地和城镇生活用地, 分别是 62.97 km^2 、 31.32 km^2 和 31.00 km^2 。该时期内, 城镇建设的快速发展导致城镇生活用地和工业生产用地的需求增加, 耕地占用情况严重。

(3) 2010—2020 年, 区域内农业生产用地变化明显, 分别向工业生产用地和水域生态用地转入 270.39 km^2 和 107.70 km^2 , 同时农业生产用地也是转入最大的地类, 主要由水域生态用地转入。该时期武汉市退耕还林、水土保持力度加大, 工业化的扩张导致对农地和水域的侵占情况仍然严重。在生态用地中, 水域生态用地变化明显, 转为生产用地 236.79 km^2 。生活用地面积一

直稳步增加, 城镇持续向外扩张。

2.3 土地利用转型的生态环境效应

2.3.1 生态环境质量指数分析

表 4 表明, 区域生态环境质量指数整体呈持续下降态势。具体来看, 2010 年的区域生态环境质量指数较前期下降幅度较小, 依据图 2 图像中表明区域内生活与工业生产用地扩张明显, 但水域生态用地增长也同样显著; 至 2020 年, 区域生态环境质量指数由 0.39427 下降到 0.38514, 降幅为 2.32%, 生活生产用地持续扩张, 但水域生态用地大规模下降。

图 4 表明, 武汉市生态环境质量区域差异显著, 其空间分布与土地利用分布关联性明显, 郊区生态环境质量明显高于中心城区, 总体呈现中间低四周高的空间格局。空间分布上, 区域内生态环境高质量区主要集中在农业生产用地分布地

表 4 生态环境质量指数

	2000 年	2010 年	2020 年
综合指数	0.39652	0.39427	0.38514
农业生产用地	0.17709	0.16096	0.15727
工业生产用地	0.00190	0.00514	0.00886
林地生态用地	0.08077	0.07904	0.07890
草地生态用地	0.00630	0.00673	0.00558
水域生态用地	0.11739	0.12449	0.11576
其他生态用地	0.00022	0.00019	0.00020
城镇生活用地	0.00690	0.01166	0.01231
农村生活用地	0.00594	0.00607	0.00624

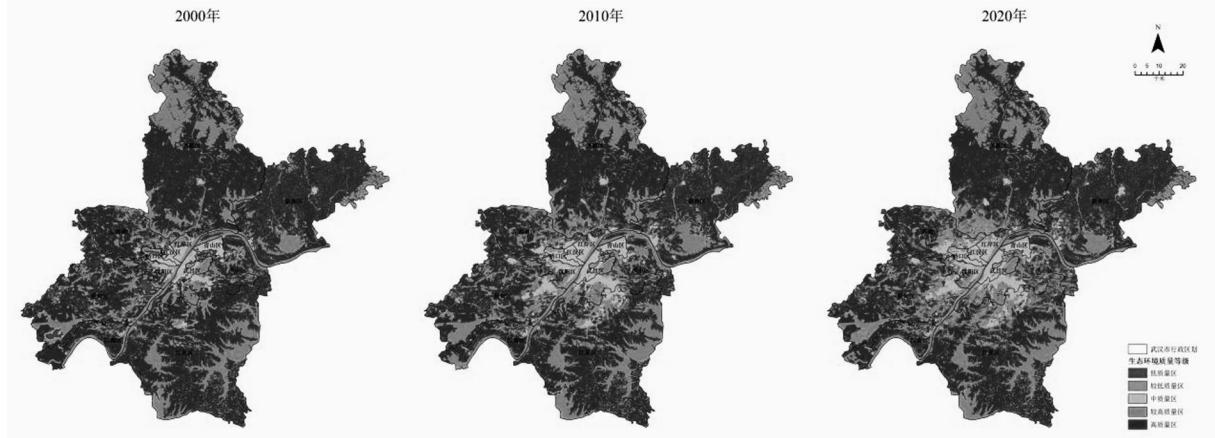


图4 武汉市生态环境质量

地区,较高质量区的土地类型以林地生态用地和水域生态用地分布为主,而质量较低区域集中在生产生活用地集中的中心城区。时间维度来看,2010年的较低质量区向外扩张,区域整体生态环境质量略有下降;2020年后城镇化进一步加剧,较低质量区范围继续向外扩张,但区域内低质量区分布面积减少。

2.3.2 土地利用转型的生态贡献率

表5表明,不同土地利用类型间的转换对生态环境的影响差异性明显。具体来看,2000–2010年,区域土地利用转型导致生态环境正效应贡献率为0.01020,该时期的生态贡献率主要源于农业生产用地向水域生态用地、林地等生态用地的转化,占生态贡献率的90.04%,其中农业生产用地向水域生态用地的转化最为明显;同时期的生态环境负效应贡献率为0.01240,主要源于生产生活用地的扩张,其中占比最高的是农业生产用地转为工业生产农用地,占生态环境负效应的25.46%;其次是水域生态用地向农业生产用地的转化,占比为17.17%。

2010–2020年,区域内总体生态环境质量下降,土地功能转型导致的生态环境负效应为贡献率为0.04742,高于正效应。生态环境质量提高区域的土地功能转型包括:农业生产用地向林地、水域生态用地的转化占生态贡献率的50.40%;工业生产用地转为农业生产用地,贡献率占比为28.66%。而生态环境负效应的贡献主要涉及部

分区域的农业生产用地向工业生产用地转型、水域生态用地向农业生产用地转型以及部分农业生产用地向生活用地的转型,分别占生态环境负效应的38.55%、27.41%和11.96%。总的来说,该时期的不同地区的生态环境质量提高主要来自农业生产用地向水域、林地等生态用地的转化,而导致生态环境质量的下降的土地利用功能转型包括水域用地和林地向农业生产用地转型、农业生产用地向工业和生活用地转型。

3 结论与讨论

3.1 讨论

土地资源作为区域发展的核心要素,其利用直接影响到区域整体发展水平的高低。生态环境质量作为区域生态系统服务的核心,更是能直接影响区域资源利用的生态效益,在城镇化快速发展的当下,二者之间的关联性不可忽视,优化土地利用转型及其布局能够有效促进生态环境质量的提高。本文基于“三生”功能的土地利用转型结果显示,在快速城镇化过程中,生活用地和生产用地的需求大幅增加,生态用地的面积受到挤压,加剧了经济发展与环境保护之间的矛盾。具体的土地转型复杂且多样化,农业生产用地面积降幅在后期放缓,前期的水域面积在大幅提升后锐减,工业生产用地的持续扩张等,都反映了武汉市推进退耕还林、退耕还湖等生态保护政策

表 5 2000—2020 年武汉市主要地类转型的生态环境效应

生态环境效应	2000—2010 年		贡献率占比/100%	2010—2020 年		贡献率占比/100%
	主要土地利用变化类型	生态贡献率		主要土地利用变化类型	生态贡献率	
生态环境正效应	LFAP—ELW	0.00168	16.44%	LFAP—ELW	0.00318	15.31%
	LFAP—GEL	0.00082	8.01%	LFAP—ELFW	0.00728	35.09%
	LFAP—ELFW	0.00669	65.59%	ULL—LFAP	0.00093	4.46%
	LFIP—ELFW	0.00077	7.54%	LFIP—ELFW	0.00097	4.66%
	LFIP—ULL	0.00025	2.42%	LFIP—ULL	0.00166	7.98%
				LFIP—ELW	0.00080	3.83%
生态环境负效应				LFIP—LFAP	0.00595	28.66%
	总计	0.01020	100%		0.02076	100%
	LFAP—ULL	0.00125	10.11%	ELW—LFAP	0.00304	6.42%
	LFAP—RLL	0.00025	2.00%	ELFW—LFAP	0.01300	27.41%
	LFAP—LFIP	0.00316	25.46%	ELFW—LFIP	0.00301	6.35%
	ELW—LFAP	0.00135	10.89%	ULL—LFIP	0.00132	2.78%
生态环境负效应	ELW—LFIP	0.00132	10.62%	RLL—LFAP	0.00310	6.53%
	ELFW—LFAP	0.00213	17.17%	LFAP—RLL	0.00329	6.94%
	ELFW—ULL	0.00137	11.08%	LFAP—LFIP	0.01828	38.55%
	ELFW—LFIP	0.00157	12.67%	LFAP—ULL	0.00238	5.02%
总计		0.01240	100%		0.04742	100%

注:农业生产用地:LFAP,草地生态用地:GEL,水域生态用地:ELFW,工业生产用地:LFIP,城镇生活用地:ULL,林地生态用地:ELW,农村生活用地:RLL

与城镇化发展之间的矛盾交织,且不平衡。区域内生态环境质量的时空演变中,总体生态环境质量持续下降,也存在低质量区域减少的现象,中心城区与郊区发展呈现显著差异。因此,本文研究结果表明了武汉市城镇建设中有关经济发展与生态保护之间的矛盾及其区域差异性,由此提出建议。第一,构建“多中心、组团式”城市格局,合理有序地将城市发展向郊区辐射,减少区域发展不平衡,避免以中心城区为核心的单一发展模式;第二,深入推进退耕还林、退田还湖还草等生态修复政策,以增加城市中心城区及部分工业郊区的生态空间,提高生态环境质量水平,并依据原有区位条件调整土地利用结构,提高各类资源的承载能力;第三,依据区域差异调整武汉市各区具体的土地资源的合理利用与生态平衡,在中心城区避免建设用地的粗放外扩行为,减少

耕地占用行为,稳定现有生产生活空间,通过建设园区等将工业生产空间向承载力更好的郊区转移,促进郊区经济发展,带动人口流动以实现郊区生活空间的扩大化进而缓解中心城区的承载压力,促进区域整体生态环境和社会经济的协调发展。

3.2 结论

本文采用了武汉市在 2000 年、2010 年和 2020 年的土地利用数据,基于“三生”功能的理念对土地利用类型进行了重新分类。通过 ArcGIS 软件,分析了区域土地利用的转型及生态环境质量的时空演变,并计算了区域生态环境质量指数和生态贡献率,以评估土地利用功能转型对生态环境的影响。

研究结论如下:

(1) 2000—2020 年间,研究区内不同土地类

型的时空演变较为稳定。空间上,生产用地主要分布在中心城区外的大部分地区;生活用地主要集中在中心城区内;生态用地主要集中在区域北部,水域生态用地错落分布在整个研究区内。时间变化上,生产用地面积大幅减少,共计减少 187.97km²;生态用地面积先增后减,共计减少 306.93km²;生活用地面积持续增长,增加 244.97km²。

(2)2000–2020 年间,研究区内土地利用功能转型主要包括:城镇、农村生活用地和工业生产用地面积持续增长;水域生态用地先增后减;农业生产用地持续减少。区域内转出面积变化最大的是农业生产用地和水域生态用地;转出面积变化最大的是农业生产用地和水域生态用地;转入面积变化最大的是工业生产用地、城镇生活用地、水域生态用地,其他用地均有不同程度的相互转换。

(3)2000–2020 年,区域整体生态环境质量指数值逐年下降,其空间分布与土地利用分布关联性明显,郊区生态环境质量明显高于中心城区。生态环境高质量区主要集中在农业生产用地分布地区,较高质量区的土地类型以林地生态用地和水域生态用地分布为主,而质量较低区域集中在生产生活用地集中的中心城区,总体呈现中间低四周高的空间格局,且质量较低的区域由中心城区向外扩张。

(4)研究区域内不同土地利用类型间的转换对生态环境的影响差异性明显。具体来说,生态环境质量提高主要涉及农业生产用地向水域和林地等生态用地的转化,而导致生态环境质量的下降的土地利用功能转型包括水域用地和林地向农业生产用地转型、农业生产用地向工业和生活用地转型。

参考文献(References):

- [1] 龙花楼.论土地利用转型与乡村转型发展[J].地理科学进展,2012,31(02):131–138.
- [2] 石骋,衣霄翔,张远景.人口收缩地区城镇建设用地规模与结构配置研究——以东北三省为例[J].黑龙江国土资源,2024,22(03):10–23.
- [3] 习近平.高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[J].创造,2022,30(11):6–29.
- [4] 龙花楼.论土地利用转型与土地资源管理[J].地理研究,2015,34(09):1607–1618.
- [5] 杨朔,杨禾馨,赵国平.内蒙古农牧交错带土地利用转型生态环境效应及分异机制——基于三生空间主导功能判别视角[J].干旱区资源与环境,2024,38(01):22–30.
- [6] 黄安,许月卿,郝晋珉,等.土地利用多功能性评价研究进展与展望[J].中国土地科学,2017,31(04):88–97.
- [7] 杨清可,段学军,王磊,等.基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应——以长江三角洲核心区为例[J].地理科学,2018,38(01):97–106.
- [8] 段亚明,黄安,卢龙辉,等.“生产–生活–生态”空间的概念与理论研究[J].中国农业大学学报,2023,28(04):170–182.
- [9] Wang Y, Cheng L, Zheng Y, et al. Evolution of land use functions and their trade-offs/synergies relationship in resource-based cities[J]. Ecological Indicators, 2024, 165: 112175.
- [10] 刘纪远,张增祥,徐新良,等.21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J].地理学报,2009,64(12):1411–1420.
- [11] Zhang L, Hu B, Zhang Z, et al. Research on the spatiotemporal evolution and mechanism of ecosystem service value in the mountain–river–sea transition zone based on “production–living–ecological space” —— Taking the Karst–Beibu Gulf in Southwest Guangxi, China as an example[J]. Ecological Indicators, 2023, 148: 109889.
- [12] Wang D, Fu J, Xie X, et al. Spatiotemporal evolution of urban–agricultural–ecological space in China and its driving mechanism[J]. Journal of Cleaner Production, 2022, 371: 133684.
- [13] 王蕾,林楠,张心语,等.公园城市理念下黑龙江省国土空间“三生”功能耦合协调特征分析[J].黑龙江国土资源,2024,22(02):42–53.
- [14] 吕立刚,周生路,周兵兵,等.区域发展过程中土

- 地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例 [J]. 地理科学, 2013, 33(12): 1442 – 1449.
- [15] 苑韶峰, 唐奕钰, 申屠楚宁. 土地利用转型时空演变及其生态环境效应——基于长江经济带 127 个地级市的实证研究 [J]. 经济地理, 2019, 39(09): 174 – 181.
- [16] 罗刚, 廖和平, 李强, 等. 基于“三生空间”的土地利用主导功能转型及其生态环境响应——以重庆市巴南区为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(04): 105 – 113.
- [17] 李冬杰, 杨利, 余渝寒, 等. 都市生态旅游区土地利用碎片化对生态系统服务价值的影响——以武汉东湖生态旅游区为例 [J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4782 – 4792.
- [18] 冉端, 李江风. 长江经济带土地利用转型及生态环境效应 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(02): 256 – 263.
- [19] 龚亚男, 韩书成, 时晓标, 等. 广东省“三生空间”用地转型的时空演变及其生态环境效应 [J]. 水土保持研究, 2020, 27(03): 203 – 209.
- [20] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论 [J]. 地理学报, 2003 (05): 643 – 650.
- [21] 孙善良, 张小平. 陕西省土地利用转型时空演变及其生态环境效应分析 [J]. 水土保持研究, 2021, 28(06): 356 – 363.
- [22] 孔冬艳, 陈会广, 吴孔森. 中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素 [J]. 自然资源学报, 2021, 36(05): 1116 – 1135.
- [23] 董建红, 张志斌, 童晓军, 等. “三生”空间视角下土地利用转型的生态环境效应及驱动力——以甘肃省为例 [J]. 生态学报, 2021, 41(15): 5919 – 5928.
- [24] 梁甜, 黄茜, 杨霏, 等. 基于 InVEST – PLUS 模型的三峡库区(重庆段)生境质量演变及预测 [J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(10): 2184 – 2195.

作者简介:

第一作者/通讯作者:叶一衡,2000 年生,男,四川眉山人,中南民族大学,硕士研究生,主要研究方向为土地利用变化及其生态效应研究。Email:1379427205@qq.com

Land Use Transformation and Ecological Effects based on the Functions of Production – Living – Ecology: Case Study of Wuhan City

YE Yiheng^{*}, ZHANG Wenhui

(College of Public Administration, South – Central Minzu University, Wuhan 430000, China)

Abstract: It's crucial to balance the contradiction between the land resource utilization and environmental protection during the rapid process of urbanization. Selecting the land use data from 2000 to 2020 in Wuhan City, the types of land use are reclassified based on the functions of production – living – ecology. And using land use transfer matrices, ecological quality indices, and ecological contribution rates, the spatial – temporal evolution of land use and its ecological impacts are analyzed. The findings reveal that: the spatial – temporal evolution for different land types is relatively stable. Spatially, production land is primarily located in areas outside the central urban zone, living land is concentrated within the central area, and ecological land is mainly located in the northern region with water bodies dispersing throughout the research area. Temporally, production land decreased, ecological land initially increased and then declined, while living land was consistently growing; the overall ecological quality index declined annually, showing a clear spatial correlation with land use distribution, and suburban areas was significantly higher quality than that of the central urban area, characterized by a low center and higher peripheries; the ecological impacts of transitions between different land use types varied significantly.

Key words: functions of production – living – ecology; land – use transition; ecological and environmental effects

新时代佛山市土地管理制度创新研究

刘 玮^{1,3}, 杨欣乐^{2*}

- (1. 广州市交通规划研究院有限公司, 广州 510030;
2. 深圳大学建筑与城市规划学院, 广东 深圳 518060;
3. 广东省可持续交通工程技术研究中心, 广州 510030)

摘要:新时代国土空间开发持续推进空间治理体系和治理能力的现代化,对土地管理制度的改革与创新提出更高要求。本文基于佛山市土地利用和管理现状存在的突出问题,探寻土地管理制度的创新方向,为新时代经济高质量发展、城乡融合发展做好制度保障。通过实证研究法、归纳演绎法研究梳理佛山市土地利用存在着城乡用地结构失衡、村级工业园低效零散、规划实施效果不理想、复垦推进缓慢等突出问题,其主要制度根源在于规划和计划管控引导机制不足、土地全生命周期监管缺位、复垦配套性政策滞后,应从规划计划管控、复垦指标市场化、产业用地提质、产权结构优化四个方面出台相关配套政策,推进土地精细化管理。佛山市土地问题产生的根源是多方利益的失衡,土地管理制度创新的关键在于强化用途管制、集约提质、结构调整,以此建立国家、集体与个人之间,经济发展与生态保护之间的利益再平衡机制。

关键词:土地管理制度;创新路径;国土空间规划;佛山市

中图分类号:F301.2

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2024)10-0040-8

0 引言

国土空间是由系统要素、互动机理、动态演进等多个因素共同形成的复杂系统^[1]。精确地认识国土空间系统以及构建相对应的国土空间规划体系,科学地明确国土空间开发和利用的规模、强度和时序,能够有效地统筹各类自然资源^[2],落实生态文明体制改革的要求。传统的国土开发倾向于“重增量、重规模、重扩张”,重点解决“能不能建设”的问题,对土地利用效益的全面管控较弱,最终受多方博弈的影响,出现土地资源透支、生态环境系统破坏等多方面问题^[3]。新时代经济高质量发展亟须加快新旧动能转换,提高全要素生产率,而新时代的国土开发在本质上为多要素的协同,其重点在于转变开发目标和方式,强化可持续发展、高质量发展和以人民为中心的发展理念^[4]。在这一理念下,

国土空间规划体系的出发点是统一实施国土空间用途管制,从国土空间规划体系的整合与重构、制度环境改革等方面推进空间治理体系和治理能力的现代化,以落实生态文明建设和经济高质量发展^[5-7]。

位于珠三角西翼的佛山市是制造业强市和粤港澳大湾区重要节点城市,正以打造粤港澳大湾区珠西装备制造业龙头和面向全球的国家制造业创新中心为目标,进行产业和城市的转型升级。然而,在长期的高投入、高消耗、低门槛的工业化模式和粗放型的城市化发展模式下,佛山市土地开发强度已超过 39%,并伴随大量低效、违法、零散的集体土地,新增建设空间紧缺,依赖增量的用地方式难以为继,未来将转向存量挖潜为主^[8]。在此背景下,除了通过国土空间规划统筹配置国土空间资源外,还应从地方土地管理制度进行改革,为国土空间规划体系的改革和实施提

基金项目:广州市交通规划研究院有限公司科技基金项目“城市交通与国土空间利用互动评价技术研究(KYHT-2024-02)”

供支撑。为此,本研究剖析佛山市土地利用现状,探讨其内在的土地管理制度问题,提出土地管理制度改革思路及政策建议,为新时代经济高质量发展、城乡融合发展做好制度保障。

1 土地管理制度改革解析

1.1 土地管理制度改革演进

中国土地制度从计划经济时期的土地国有化和行政划拨使用,逐步转变为市场经济体制下的土地有偿使用和用途管制,再到当前的城乡一体化和国土空间用途管制,土地管理制度与国土空间规划伴随式改革共同促进了国家治理体系的现代化。现有关于国土空间规划与土地管理制度的研究,集中于探讨土地管理制度与空间规划体系如何互相调适,以平衡不同主体的利益,最终促进土地资源的合理配置。其中林坚等学者讨论了我国土地管理制度的演化过程及其对空间规划的影响,梳理了土地无偿使用、有偿使用、用途管制、国土空间管制 4 个阶段的土地管理制度变革历程,得出规划管理关注重点经历了“建设管理 - 资产管理 - 资源管理 - 生态管理”的演进过程^[9]。高洁、黄美均、谭明智、朱从谋、郑沃林、余永和等学者立足于国内外的土地发展权等制度实践,针对性研究了土地制度改革的运行机制、实施成效、增值收益分配等内容,从而总结归纳出有益经验和存在问题^[10-15]。总体来看,近年来不同地区通过探索“地票”“地券”等改革措施进一步提高了政府对土地资源统筹配置的能力,但在改革落地模式、收益分配、长效机制等方面仍有待完善。

1.2 国土空间规划背景下的土地管理制度改革路径探索方向

中共中央、国务院于 2019 年颁布了《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》(中发[2019]18 号),正式明确了国土空间规划体系的框架,为进一步落实国土空间规划编制和实施工作指明方向。国土空间规划体系建立在城乡规划、主体功能区规划、土地利用规划和发

展规划等多种规划的基础上,是一个复杂多维系统,土地管理制度与国土空间规划的互相调适尚有许多亟待完善的问题,王万茂、郑荣宝等学者并从管理主体、法律建设、管理环境等方面提出具有普遍意义的土地管理制度改革取向^[16,17],但是当前对于结合地方的制度背景分析土地利用情况,并提出针对性的改革路径的研究尚且较少。在国土空间规划体系重构的背景下,通过结合地方实际探索土地管理制度改革,创新用地管控方式,在客观上能够推进全域用地管控,落实国土空间规划的底线思维,完善区域土地综合整治与生态修复,为地方政府推进生态、生活、生产空间合理布局提供针对性的制度支撑。

2 佛山市土地利用管理存在问题

佛山市位于珠江水系中北江、西江三角洲平原,地势北高南低、西高东低,总体以平原为主,河流、鱼塘众多,零星分布有丘陵残丘和残留台地。根据第三次全国国土调查数据,佛山市国土总面积 3763.44km²,其中农用地 1857.59km²,占土地总面积的 49.36%,主要分布在高明、三水,以乔木林地、坑塘水面、其他园地为主;建设用地 1539.99km²,占土地总面积的 40.92%,主要分布在南海、顺德,国有建设用地与集体建设用地的比值约为 52:48;未利用地 365.86km²,占土地总面积的 9.72%,主要分布在南海、三水,以河流水面为主。总体来看,佛山市土地资源开发利用的自然条件较好,但在城乡用地结构、利用均衡程度、规划符合程度、用地利益协调、复垦激励机制等方面仍存在问题。

2.1 城乡用地结构失衡,村级工业园零散低效

佛山市为保障产业用地总规模划定了产业发展保护区,但是产业发展保护区增量空间非常有限,城乡用地资源配置不合理进一步加剧了产业用地供需矛盾。首先,集体建设用地比例偏高,土地权属关系复杂,土地所有者之间利益难以平衡,导致政府对土地宏观调控能力受限,严重阻碍存量低效土地二次开发,以佛山市制造业最为发达的南海区和顺德区为例,村级工业园分

别占全区工业用地的 60% 和 76%，但产值仅占全区的 20% 和 27%。其次，政府对土地利用监管和村集体经济组织管理不到位，导致历史用地手续不完善，村级工业园区内有 23% 的无牌无证企业，违法违规经营现象突出，由此带来较多安全生产及消防隐患。例如，南海区村级工业园过去 5 年发生的安全生产事故占全区比例达 70%。

2.2 计划管控引导机制不足，土地利用结构日趋不均衡

土地利用结构均衡度可以反映土地利用结构的有序程度和均衡程度^[18,19]，利用佛山市的土地利用变更调查数据计算土地利用结构均衡度，如图 1 所示。佛山市 2019–2022 年土地利用结构均衡性相对良好，但呈逐年降低趋势，这反映了佛山城市化和工业化快速发展的过程中，土地利用结构趋于不均衡。从各区均衡度变化情况来看，禅城区土地利用结构均衡度最低，下降幅度最大，且居民及独立工矿用地占据主导地位，这将会导致土地利用系统的韧性和稳定性下降，不利于可持续发展。

2.3 现状与规划建设用地空间符合性偏低，规划实施效果不理想

土地利用现状与土地利用规划的空间符合性是规划实施效果的体现，也是影响建设空间拓

展的重要因素。通过对比佛山市土地利用现状与土地利用总体规划的期末规划土地利用性质，发现佛山市建设用地与规划的空间符合度偏低，规划执行情况不理想。其主要原因在于，土地利用规划编制时，为了保障规划期内地方重点项目建设，佛山市将大量基期现状建设用地通过列入复垦区（“挂起”）腾挪建设用地空间，但是在实际建设过程中却缺乏有效的规划引导和土地管控机制，出现部分征占城镇郊区质量较高的农用地的情形。从区域分布上看，除禅城区以外，建设用地规模“挂起”占不符合规划面积比例均在 76% 以上，三水区和顺德区甚至超过 90%，如图 2 所示。

2.4 多方利益难协调，城乡增减挂钩推进缓慢

自 2012 年以来，佛山市按照“先易后难、统筹安排、循序渐进”的原则，采用了“先建新后拆旧”和“先拆旧后建新”两种增减挂钩实施模式，开展了城乡建设用地增减挂钩试点项目。但是，2012–2018 年佛山市通过城乡建设用地增减挂钩政策拆旧的面积仅是使用新增建设用地指标的 5%，工作推进较为缓慢。究其原因，佛山市多年以来鼓励集体建设用地进行使用权流转、土地托管，赋予集体建设用地越来越多的权能，受拆旧补偿低、观望心态浓厚等因素影响，农民拆旧积极性不高，在营企业清退难度大。

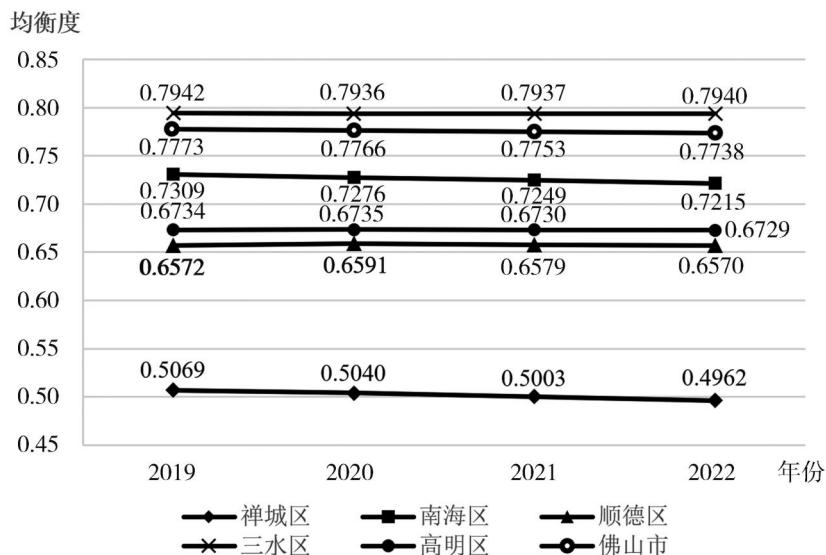


图 1 2019–2022 年佛山市及各区土地利用结构均衡度

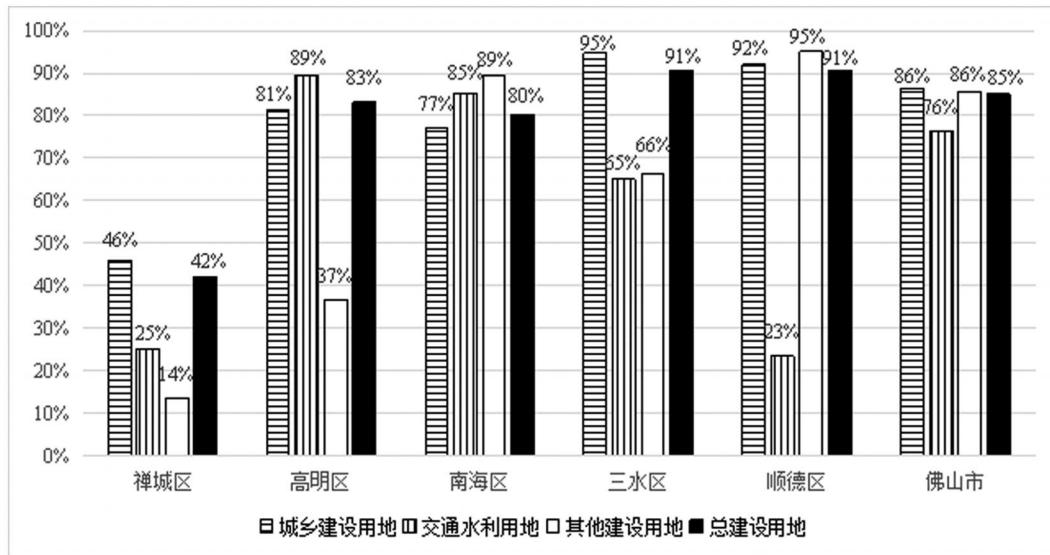


图2 佛山市及各区规模“挂起”面积占现状与规划不符的用地面积的比重

2.5 城乡建设用地具有一定复垦潜力,但缺乏复垦指标流转激励机制

为防止建设用地无序蔓延,明确城市生态安全底线,优化国土空间结构,佛山市在2017年编制了《佛山市城市生态控制线划定规划》。本研究认为生态控制线内的现状城乡建设用地具有城乡建设用地优先复垦的潜力。基于此思路,回溯生态控制线划定前5年的土地变更调查数据,测算得出佛山市城乡建设用地复垦潜力达 148hm^2 ,除了采矿用地有所减少外,村庄、建制镇、城市用地都在逐步增加,说明佛山划定生态控制线前的城乡建设用地蔓延趋势显著。在城乡建设用地复垦潜力中,村庄用地面积占65%,主要集中在南海、三水、顺德,这些区域具有较大的拆旧复垦潜力,但除了南海,其他地区尚缺乏促进复垦指标流转的激励机制。

3 佛山市土地管理制度改革框架

佛山市土地利用现状存在着城乡用地结构失衡、村级工业园低效零散、规划实施效果不理想、复垦推进缓慢等突出问题,其制度根源主要为规划和计划管控引导机制不足、土地全生命周期监管缺位、复垦配套性政策滞后。因此,亟需围绕以上问题健全以存量土地挖潜和优化配置

为核心的土地节约集约管理制度,建立与国土空间规划相适应的互动机制,增强生态文明建设进程中的土地调控能力,从而有效地促使快速城市化地区国土资源优化配置,提高国土资源综合利用率,如图3所示。

3.1 完善国土空间规划的引领作用,健全计划管控引导机制

在存量规划时代,要更加注重国土空间规划和计划指标双管控,优化开发规模和结构。首先,应重点在市县国土空间总体规划和详细规划中梳理清楚国土空间开发保护“一张图”,从土地利用源头上严格用途管制,在村庄规划中落实农村建设用地拆旧复垦规模,逐步解决因规模“挂起”等历史遗留问题导致的土地利用现状与规划不符、产业发展空间不足等问题。在此基础上,建立市、区两级计划指标台账制度,按照总量控制、远近统筹的方式,在落实省“直接分配+奖励分配”的计划指标分配方式的基础上,完善全市计划指标统筹调剂机制,推进土地利用计划差别化管理,充分发挥土地利用年度计划指标的宏观调控作用。

3.2 建立低效城乡用地复垦指标市场化全流程管理制度

立足佛山市城乡增减挂钩和拆旧复垦刚性

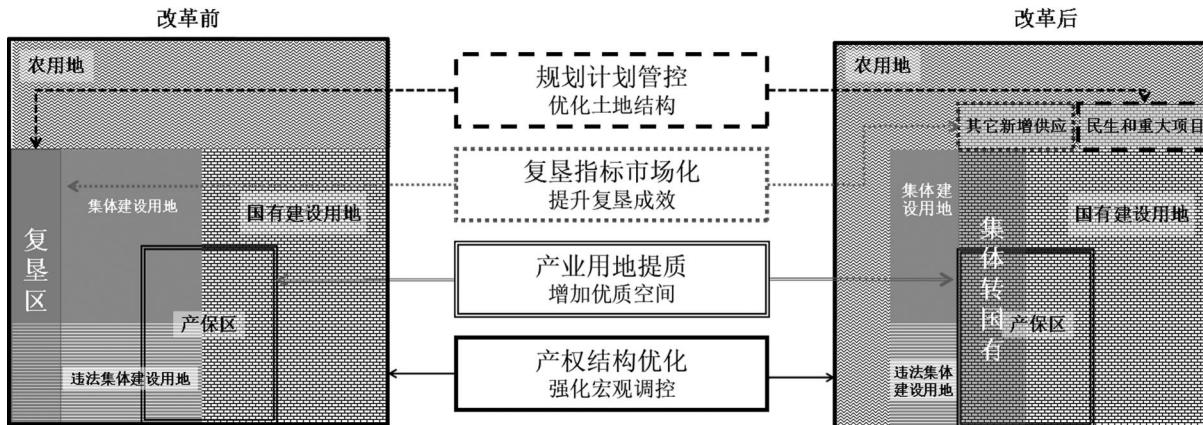


图 3 佛山市土地管理制度改革框架图

需求不足的实际,借鉴重庆地票和义乌集地券等成功经验,建立贯穿“复垦 – 交易 – 使用 – 监管”各环节的复垦指标市场化管理制度,激发政府、市场主体、村集体参与复垦的积极性。一是复垦环节要可行保质。强化政府统筹,由市级政府对复垦地块的准入条件和验收条件进行严格的限定,鼓励由镇(街)统筹实施复垦,优先复垦与国土空间规划不符的城乡建设用地。二是交易环节要高效有序。为增加复垦指标刚性需求,将已签订改造意向合同的现状违法工业用地改造(含“三旧”改造)主体纳入交易主体;对城乡增减挂指标和拆旧复垦指标实行分类最低保护价制度,除了在省级农村拆旧复垦交易平台交易外,还可构建区内复垦指标线上交易平台,实时发布求购信息,优先保障区内的供需平衡;分类指导城乡增减挂指标和拆旧复垦指标利益分配,可按照属地原则,将一定比例的收益返还给相应镇(街道)用于所在地区乡村振兴,且分配方式要实现直接拨付,保障农民和村集体的合法利益。三是使用环节要张弛有度。复垦指标实施有条件周转,同时要严控金融属性,可一次使用或者分割,不得私下转让和抵押,防范金融风险。四是监管环节要奖惩并用。对于复垦工作卓有成效的镇街和村给予指标和现金奖励,对于复垦后原址复建的交易主体予以严惩,例如,除承担相应的法律责任外,禁止其在一定时期内参加复垦指标交易。

3.3 全生命周期优化土地利用监管,激励产业用地提质增效

结合土地利用的全生命周期,多方位加大土地利用监管力度。在土地供应环节,严格用地准入,拓展供应方式。应严格落实国土空间规划的用地管控标准和土地利用年度计划指标分配,在重点地区实施“带产业项目”“带设计和运营方案”土地出让制度,并结合各类产业的生命周期,探索弹性出让、长期租赁、先租后让、租让结合的工业用地供应制度,促进产业用地供应与区域发展诉求精准吻合。在土地利用环节,建立产业用地保量提质激励机制。鼓励投资主体收购相邻多宗低效利用地块、支持相邻的集体和国有建设用地整体改造,从而增加连片性空间供给,为引进重大产业项目提供空间保障;允许以出让方式取得的国有工业用地和集体工业用地项目的土地使用权及其房屋所有权进行分割,以降低中小微企业用地成本;为了促进产城融合、激发市场主体主动参与“工改工”,可提高产业用地兼容的行政办公及生活服务等配套设施的比例。在土地退出环节,拓宽低效用地收回范围。闲置面积达到 2hm^2 以上、地上地下无合法构建筑物等空闲土地,可整体或分割收回。

3.4 以违法用地为突破口,推进土地产权制度改革

村集体在佛山市自下而上的乡村城市化中掌握一定的主动权,导致农村工业用地的碎片化

和非正规开发等问题突出^[20,21],是新时代佛山高质量发展的瓶颈。因此以违法用地为突破口进行集体土地产权制度改革,有序推进违法用地清理,激励违法用地转国有,从而逐步优化产权结构,是提高政府宏观调控城乡土地资源的关键。首先,对于同意集体土地征收为国有土地并限期提升改造的违法建设用地,政府为其完善合法用地指标,破除政策制度障碍。其次,对于选择保留集体性质的违法违建用地,应加大查处力度,增加完善用地手续成本。此外,可在区财政设立的产保区工业提升专项资金中,预留一定比例,根据各镇(街道)完成产保区内的村级工业园改造规模、项目开展进度等因素,对开展工作较好的镇(街道)予以奖励,专项用于该镇(街道)后续产保区内的村级工业园改造投入,从而调动镇(街道)的积极性。

4 结论

土地管理制度改革既能够引导国土空间规划理念的进步,也能够为新时代国土空间规划的实施提供保障。本研究通过实地调研和数据分析,剖析了佛山市土地利用现状和管理的突出问题,结合国土空间规划的取向,从规划计划管控、复垦指标市场化、产业用地提质、产权结构优化四个方面提出了佛山市土地管理制度改革的思路,为相关政府部门提供决策参考,以推进土地管理精细化和多方权力主体利益再平衡。

参考文献(References):

- [1] 张衍毓,陈美景.国土空间系统认知与规划改革构想[J].中国土地科学,2016,30(02):11–21.
- [2] 郝庆,邓玲,封志明.国土空间规划中的承载力反思:概念、理论与实践[J].自然资源学报,2019,34(10):2073–2086.
- [3] 朱蕾.发达国家国土空间用途管制比较及对我国的借鉴[J].上海国土资源,2019,40(04):46–50.
- [4] 董祚继.从土地利用规划到国土空间规划:科学理性规划的视角[J].中国土地科学,2020,34(05):1–7.
- [5] 林坚,吴宇翔,吴佳雨,等.论空间规划体系的构建:兼析空间规划、国土空间用途管制与自然资源监管的关系[J].城市规划,2018,42(05):9–17.
- [6] 王开泳,陈田.新时代的国土空间规划体系重建与制度环境改革[J].地理研究,2019,38(10):2541–2551.
- [7] 孔宇,甄峰,张姗琪,等.基于多源数据的国土空间高质量利用评价思路[J].中国土地科学,2020,34(05):115–124.
- [8] 卞芸芸,崔璐,孙伟杰,等.珠三角存量建设用地复合利用管理策略研究[J].中国国土资源经济,2023,36(06):44–51.
- [9] 林坚,赵冰,刘诗毅.土地管理制度视角下现代中国城乡土地利用的规划演进[J].国际城市规划,2019,34(04):23–30.
- [10] 高洁,廖长林.英、美、法土地发展权制度对我国土地管理制度改革的启示[J].经济社会体制比较,2011,39(04):206–213.
- [11] 黄美均,诸培新.完善重庆地票制度的思考:基于地票性质及功能的视角[J].中国土地科学,2013,27(06):48–52.
- [12] 谭明智.严控与激励并存:土地增减挂钩的政策脉络及地方实施[J].中国社会科学,2014,44(07):125–142+207.
- [13] 朱从谋,苑韶峰,李胜男,等.基于发展权与功能损失的农村宅基地流转增值收益分配研究:以义乌市“集地券”为例[J].中国土地科学,2017,31(07):37–44.
- [14] 郑沃林,胡新艳.基于渝川地票制度的土地创新管理制度思考[J].中国农业大学学报,2019,24(10):179–186.
- [15] 余永和.农村宅基地退出试点改革:模式、困境与对策[J].求实,2019,46(04):84–97+112.
- [16] 王万茂.中国土地管理制度:现状、问题及改革[J].南京农业大学学报(社会科学版),2013,13(04):76–82.
- [17] 郑荣宝,郑沃林,吕思敏,等.广州市村镇建设用地再开发的新思路与新途径[J].规划师,2016,32(05):87–90.
- [18] 王玉明,王瑞康.城市化时期郊区土地利用结构信息熵上升的原因[J].地理学报,2018,73(09):1647–1657.
- [19] 李娜,谢德体,王三.基于区域分化下重庆市土地

- 利用结构效率评价:综合运用信息熵和 Malmquist 指数[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(06):115 - 123.
- [20] 杨忍,陈燕纯,徐茜.基于政府力和社会力交互作用视角的半城市化地区工业用地演化特征及其机制研究:以佛山市顺德区为例[J].地理科学,2018,38(04):511 - 521.
- [21] 刘毅华,陈绮娴,林华荣.产权变化视角下的珠江三角洲土地利用时空变化及其机制:以佛山市南海区为例[J].热带地理,2019,39(02):206 - 217.

作者简介:

第一作者:刘玮,1985 年生,男,湖南株洲人,广州市交通规划研究院有限公司,高级工程师,主要研究方向为城市规划。Email:250267575@qq.com;

通讯作者:杨欣乐,2003 年生,女,广东梅州人,深圳大学建筑与城市规划学院,主要研究方向为城市规划。Email:13422003725@163.com

Research on the Innovation of Land Management System in Foshan City in the New Era

LIU Wei^{1,3}, YANG Xinle^{2*}

(1. Guangzhou Transport Planning Research Institute Co., Ltd, Guangzhou 510030, China;
2. Shenzhen University, School of Architecture and Urban Planning, Shenzhen 518060, China;
3. Guangdong Sustainable Transportation Engineering, Technology Research Center, Guangzhou 510030, China)

Abstract: In the new era, the modernization of the spatial governance system and its capabilities has been promoted, raising higher requirements for the reform and innovation of the land management system. Based on the obvious problems of land use and management in Foshan City, this paper explores the innovation of land management system so as to provide guarantees for the high – quality development of the economy in the new era and the integrated development of urban and rural areas. Through empirical research methods and inductive deduction, the existing problems of land use in Foshan City are combed, including unbalanced structure of urban and rural land use, inefficient and fragmented village – level industrial parks, poor effect of implementation of space planning and slow reclamation progress, which result from insufficient mechanism of planning and control guidance, absent of full life – cycle land use supervision and lagging policies of reclamation. Therefore, this paper proposes four strategies: planning control, marketization of reclamation index, upgrading of industrial land use and optimization of property right structure, so as to promote the delicacy management. In conclusion, the imbalance of various interests is the root of land use problems in Foshan. The key to innovation of the land management system lies in improving land – use control, intensive use and structural adjustment, so as to establish a re-balancing mechanism of interest among the country, the collective and the individual, and between economic development and ecological protection.

Key words: land management system; reform route; territorial space planning; Foshan City

建设用地审批中土地勘测定界的主要问题及解决对策探讨

——以山东 S 县为例

陈高同 *

(山东省菏泽市巨野县自然资源和规划局, 山东 菏泽 274900)

摘要:本文旨在分析山东 S 县建设用地审批中土地勘测定界存在的主要问题,并提出相应的解决对策。通过实地调查和数据分析的方法,对该县多个建设项目进行了深入研究。结果发现,土地勘测定界过程中存在数据可利用程度低、相邻项目衔接不畅、权属调查困难以及土地利用现状与实际不符等问题。针对这些问题,本文提出了加强数据管理与利用、完善相邻项目衔接机制、强化权属调查与审核以及提高土地利用现状调查的准确性等对策。这些对策的实施将有效提升建设用地审批的效率和质量,为土地资源的合理利用和规划奠定坚实基础。

关键词:建设用地审批; 土地勘测定界; 数据利用; 权属调查; 土地利用现状

中图分类号:TP311.52

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2024)10-0048-7

0 引言

建设用地审批是土地资源管理和规划的重要环节^[1],而土地勘测定界则是其基础性工作之一。在建设用地审批过程中,土地勘测定界不仅关乎土地资源的合理利用,更直接影响到建设项目的顺利进行^[2]。土地勘测定界是指依据相关法律法规和土地管理要求,对建设用地的位置、界址、面积等进行实地测量,并绘制成图,作为建设用地审批和土地登记的重要依据^[3]。这一过程涉及地籍测量、界线划定、面积计算等多个环节,是确保土地资源合理利用、维护土地权益的基础性工作。在建设用地审批中,土地勘测定界的作用至关重要,它不仅是项目选址、规划布局的基础^[4],也是后续土地出让、划拨、登记等环节的必备条件。通过准确的勘测定界,可以明确建设用地的范围、面积和权属,为土地资源的合理配置和有效监管提供有力支撑。土地勘测定界的流程通常包括接受任务、资料收集、实地测量、数据处理、成果编制和审核验收等步骤。其中,实地测量是核心环节,需要运用专业的测量技术和设备^[5],对建设用地的边界进行精确

测定。数据处理则是对测量数据进行整理、分析和计算,得出准确的面积和界址信息,并且在建设用地审批中利用三维地籍提供数据支持。最终,这些成果将以图纸和报告的形式提交给相关部门,作为建设用地审批的依据^[6]。

然而,在实际操作中,土地勘测定界往往面临诸多挑战。本文以山东 S 县为例,通过实地调查和数据分析,深入探讨建设用地审批中土地勘测定界存在的主要问题。针对这些问题,本文提出相应的解决对策,旨在提升建设用地审批的效率和质量,为土地资源的合理利用和规划提供科学依据和有力支持。

1 山东 S 县土地勘测定界现状

山东 S 县,作为山东省土地勘测定界工作的先行示范区域,其土地管理方式起源于上世纪八十年代的改革开放时期,伴随着县域经济的迅猛发展和城市化进程的加速推进,土地资源的高效配置与合理利用成为了驱动地方经济社会发展的关键力量。在此背景下,S 县积极构建并不断完善土地勘测定界体系,依托专业测绘力量^[7],采用先进测量技术与设备^[8],严格遵循国家法律

法规及行业标准,确保了测量数据的精准性和权威性。同时,通过建立健全的档案管理机制,实现了测量成果的系统保存与快速检索,为土地管理决策提供了强有力的数据基石。近年来,S县土地勘测定界工作成果显著,项目数量与测量总面积持续增长,大型建设项目增多,数据更新周期缩短,如表1所示,这些变化既反映了建设用地需求的强劲态势,也凸显了土地勘测定界任务的艰巨与复杂。然而,在取得成绩的同时,S县也面临着数据可利用性不足、项目衔接不畅、权属调查复杂及土地利用现状与登记信息不符等挑战,这些问题成为制约土地高效管理的瓶颈,不仅影响了建设用地审批的效率与准确性,也对土地资源的长远规划与合理配置构成了实质性阻碍^[9],亟需深入分析成因并探索有效解决策略,以进一步提升S县土地勘测定界工作的整体水平,促进土地资源的高效、可持续利用。

2 建设用地审批中土地勘测定界的主要问题

2.1 数据可利用程度低问题

在山东S县的建设用地审批流程中,数据复杂性与利用程度低成为土地勘测定界的一大障碍。核心问题在于,不同勘界单位采用的数据来源广泛且格式各异,这直接导致了数据在整合与综合分析时的巨大困难。这种数据的不统一,不仅使得相邻项目的界址界定变得模糊不清,界线交叉重叠现象频发,还为后续的项目推进埋下了隐患。更为严重的是,数据利用的低效不仅拖延了建设进度,还可能因权属争议而引发土地资源的不必要浪费。因此,提升数据的标准化与兼容

性,加强数据整合能力,成为解决当前建设用地审批中土地勘测定界问题的关键所在。

2.2 相邻项目衔接问题

项目施工过程中未严格遵循勘界红线以及擅自超出红线施工的现象也时有发生,这些行为不仅可能侵犯相邻土地权益,影响周边环境和设施,还严重违反了土地管理和规划要求,破坏了土地资源的合理利用秩序。

在山东S县的建设用地审批过程中,相邻项目衔接问题成为了一个显著且迫切需要解决的难题。由于不同勘界单位间缺乏统一的测量技术和标准,导致相邻项目在衔接时频繁出现界址模糊、界线交叉重叠等现象,给后续建设项目带来了诸多障碍,并可能引发土地资源浪费和权属纠纷。具体数据显示,2022年该县共实施了205个土地勘测定界项目,其中32个项目(占比15.6%)在相邻衔接时遇到了问题。这些问题主要表现为:12个项目因勘界单位间未统一测量方法和标准,造成界址交叉重叠,占问题项目总数的37.5%。这些问题严重制约了建设用地审批的效率与质量,阻碍了土地资源的合理规划与利用。

2.3 权属调查困难

在山东S县的建设用地审批中,权属调查面临诸多挑战。历史权属资料零散分布,以及部分集体土地尚未核发土地所有证等问题,严重制约了权属调查的顺利进行。这些问题导致权属调查人员难以获取全面准确的信息,无法确定土地的真实权属情况,并引发了一系列权属争议。据统计,近五年来(2018—2022年),因权属资料不

表1 山东S县近年来土地勘测定界的一些基本情况统计

年份	勘测定界项目数量	测量总面积(m ²)	平均项目面积(m ²)	数据更新周期(月)
2019	123	514572	4183	6
2020	151	651214	4312	4
2021	182	814679	4476	3
2022	205	952146	4644	2
2023	227	1112567	4901	1

完整或缺失导致的调查困难案例,占同期总调查案例的 20% 以上。其中,数据丢失或残缺的情况占比达到 15%,而未核发土地所有证的集体土地,则占总数的 10%。这些数字清晰地揭示了权属调查面临的严峻形势。

2.4 土地利用现状与实际不符

在山东 S 县的建设用地审批过程中,土地利用现状与实际不符的问题尤为突出,这主要源于作物种植结构的频繁调整、土地的长期闲置以及擅自改变土地用途进行种植等行为。

具体而言,近五年来(2018–2022 年),因农民或企业根据市场和技术变化调整种植结构,但官方记录未能及时更新,导致土地利用现状与实际不符的情况,占全县同期土地利用变更总数的约 12%。同时,2022 年全县土地闲置率达到了 8%,即有大量土地未能得到有效利用,而官方记录却未能准确反映这一现状。此外,擅自种植案件也时有发生,仅 2022 年就涉及约 200 亩土地,这些土地被擅自改变了规划用途,用于种植其他作物,或处于闲置状态。这一现状与官方记录严重不符,土地利用问题亟待解决。

2.5 高精度地籍系统缺乏

在建设用地审批过程中,土地勘测定界是关键的一步,它涉及到土地的精确划分和界定。然而,传统的二维地籍系统往往难以准确反映土地的空间位置和立体利用情况,这在一定程度上影响了审批决策的准确性和效率。此外,由于缺乏三维地籍的支持,对于复杂地形或者多层建筑的土地利用情况,往往难以进行精确的测量和分析,这也给建设用地审批带来了一定的困难。因此,引入三维地籍系统,利用其直观展示土地空间位置和立体利用情况的优势,可以为审批决策提供更为精准的信息支持。同时,结合大数据、人工智能等技术手段,对地籍数据进行深度挖掘和分析,可以揭示土地利用规律、趋势及问题,为优化土地资源配置、提高土地利用效率奠定坚实基础。

3 解决对策

3.1 加强数据管理与利用

为应对这些挑战,本文建议加强勘界单位间的沟通与协调,统一测量方法和标准,建立健全的施工监管机制以确保施工单位按勘界红线施工,并加大对超出红线施工行为的打击力度,依法追究责任,从而有效避免相邻项目衔接问题,保障建设项目的顺利实施和土地资源的合理利用。为提升各地建设用地审批中土地勘测定界数据的可利用程度,首要任务是建立一个综合性地籍管理系统。该系统应集数据采集、存储、处理、分析和展示于一体,确保数据的全面性、准确性和时效性。具体措施包括:

加强数据管理与利用,构建综合性地籍数据管理体系。首先,需制定统一的数据采集规范和标准,明确测量方法、技术要求、坐标系统、测量精度及数据格式,确保数据的可比性和兼容性。其次,建立集中式的数据存储库,整合历年来的土地勘测定界数据、权属资料及土地利用现状数据,形成完整的地籍数据体系,便于数据的查询、分析和利用。

在数据采集和录入过程中,应实施严格的质量控制措施,如设置数据校验规则、进行逻辑检查,确保数据的准确性和完整性,并定期更新和维护数据,保持其现势性。同时,构建数据共享平台或接口,实现部门间数据互通共享,提高数据利用效率,促进协同合作,并鼓励数据重用,减少重复测量和数据处理工作量。

此外,随着技术的发展,三维地籍在建设用地审批中的应用日益重要^[10]。通过三维地籍系统,可以更加直观地展示土地的空间位置和立体利用情况,为审批决策提供更为精准的信息支持。利用大数据、人工智能等技术手段,对地籍数据进行深度挖掘和分析,为建设用地审批、土地规划、资源配置等提供科学依据和决策支持^[11]。通过数据分析,揭示土地利用规律、趋势及问题,为优化土地资源配置、提高土地利用效率奠定坚实基础。



图1 综合性地籍管理系统架构

综上所述,建立综合性地籍管理系统是加强数据管理与利用的关键举措^[12]。如图1所示,通过该系统,结合三维地籍的应用可以显著提高数据的准确性和可重用性,为建设用地审批和土地资源的合理利用提供坚实的数据基础。

3.2 完善相邻项目衔接机制

为有效解决山东S县建设用地审批中相邻项目衔接不畅的问题,关键在于明确勘界红线的划定标准,并加强相邻项目之间的沟通与协调。为有效解决这一问题,该县亟需采取措施,包括加强勘界单位之间的沟通协调,统一测量方法和标准,以及建立和完善施工监管机制,确保相邻项目用地范围清晰无争议,从根本上避免界址模糊和界线交叉重叠问题的再次发生。

3.2.1 明确勘界红线划定标准

为确保土地勘界工作的准确性和一致性,自

然资源管理部门应牵头联合各勘界单位,共同制定统一的测量规范和技术标准,涵盖测量方法、坐标系统、测量精度等方面,以减少界址差异。同时,在勘界红线划定中需明确界线原则,如尊重历史、考虑地形、避免重叠,并对争议地段组织专家实地踏勘合理界定。此外,勘界红线完成后需经严格审核,由专业团队复核确保准确性、合理性和可行性,对不符合要求或存争议的红线应及时退回修改,直至达标。明确勘界红线划定流程如图2所示。

3.2.2 加强相邻项目沟通与协调

在建设用地审批中,勘测定界是确保土地利用合理、避免纠纷的关键环节。为确保相邻项目的顺畅衔接与协调,应建立定期沟通机制,如联席会议和信息共享平台。通过这些机制,各单位可以定期交流,及时发现并解决勘测定界过

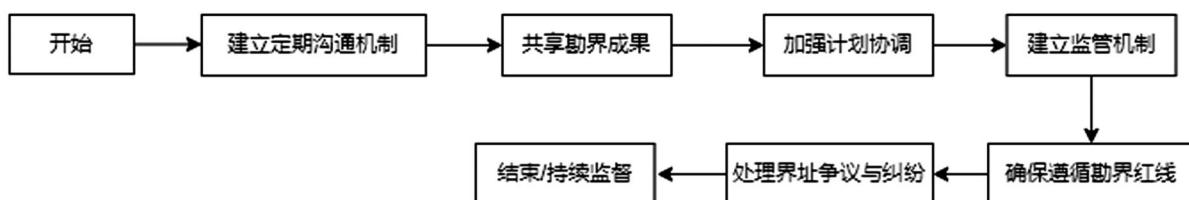


图2 明确勘界红线划定流程

程中可能出现的问题。

具体而言,相邻项目应共享勘界成果,包括测量数据和图纸资料。这样不仅可以减少重复工作,提高勘界效率,还能确保各方对土地界限有清晰一致的认识,从而避免未来可能产生的争议。此外,还应制定详细的沟通计划和流程,明确各方职责,确保信息传递的准确性和及时性。

同时,对于因界址产生的争议和纠纷,土地管理部门或相关机构应及时组织调解,依据法规妥善解决,并对恶意侵占或破坏相邻关系的行为依法追责处罚。通过这些措施,可以有效保障相邻项目的顺利推进,维护良好的土地管理秩序。

3.3 强化权属调查与审核

为确保山东 S 县建设用地审批中土地勘测定界的权属清晰无争议,必须强化权属调查与审核工作。

在山东 S 县,为强化建设用地审批过程中土地勘测定界的权属确认,必须确保权属的清晰与无争议,需采取一系列策略强化权属调查与审核。首先,应全面收集并整理历史权属资料,确保资料的真实、完整与准确,对缺失部分积极寻找替代或补充调查。其次,组织专业团队进行实地权属调查,利用现代测量技术提高调查精度,同时与当地居民及土地所有者深入沟通,确保调查结果的客观公正。调查完成后,需建立严格的权属审核机制,由专业团队或第三方机构进行公正独立的审核,对争议权属组织专家论证裁决。此外,加强权属保护与管理同样重要,应建立健全权属保护制度^[13],明确权属人权益,对侵权行为依法追责,并加强权属宣传教育,提升公众认知。通过这些措施的综合实施,可有效提升权属调查与审核的效率与质量,为 S 县建设用地审批和土地资源的合理利用奠定坚实基础,保障土地权属的清晰与稳定。

3.4 提高土地利用现状调查的准确性

为提高山东 S 县建设用地审批中土地利用现状调查的准确性,应充分利用现代科技手段,结合卫星监测卫片与年度土地变更调查成果。

卫星监测卫片以其高分辨率和广覆盖性,能实时监测土地利用情况,提供类型、分布及变化趋势等关键信息^[14]。2022 年,该县通过卫星监测发现 500 余个变化图斑,涉及 2000 余亩土地,为土地管理提供了重要依据。同时,年度土地变更调查反映了土地利用的动态变化,如 2022 年新增建设用地 1500 亩。将两者结合,既能及时发现变化,又能确保数据准确。引入地理信息系统(GIS)等先进技术,可叠加分析、空间统计,直观展示土地利用特征和趋势,并促进数据共享与协同合作。这些措施共同提升了调查的准确性,为建设用地审批和土地资源规划提供了可靠支持与科学保障。

总体而言,通过定期更新地理信息系统(GIS)中的数据^[15],可以实现叠加分析、空间统计,直观展示土地利用的最新特征和趋势,并有效促进数据共享与部门间的协同合作。这些基于数据更新的措施显著提升了权属调查与审核的准确性,为山东 S 县的建设用地审批和土地资源规划提供了更为可靠的数据支持与科学保障。

4 结语

本文通过对山东 S 县建设用地审批中土地勘测定界的问题及解决对策的探讨,揭示了数据可利用程度低、相邻项目衔接不畅、权属调查困难以及土地利用现状与实际不符等关键问题,并提出了相应的解决对策。这些对策的实施将有助于提升土地勘测定界的准确性和效率,为建设用地审批提供有力支持。未来,应进一步加强技术创新和管理机制完善,推动土地勘测定界工作的持续优化,以促进土地资源的合理利用和规划,助力地方经济的高质量发展。

参考文献(References):

- [1] 管理中的用地性质如何与调查的现状地类衔接 [N]. 中国自然资源报, 2023-10-18(006).
- [2] 刘阳. 城市建设项目土地勘测定界技术方法研究 [J]. 新城建科技, 2024, 33(09): 109-112.
- [3] 姜寄蓉, 韩光聪, 张孟冬, 邓晶. 建设用地勘测定界

- 功能探讨[J].测绘科学,2007,32(01):122-123.
- [4] 李鸿鹰.基于“多规合一”视角分析城市规划审批改革——以厦门市为例[J].江西建材,2017,(15):9-9.
- [5] 秦长才,郭辉.基于 CORS 系统的网络 RTK 技术在土地勘测定界中的应用[J].测绘与空间地理信息,2015,38(03):102-103.
- [6] 杨壮.土地勘测定界工作特点分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(03):172-174.
- [7] 文小勇,毛忠安.无人机倾斜摄影测量技术在线性工程土地勘测定界中的应用探讨[J].科技创新与应用,2018,8(32):175-177.
- [8] 门林杰,张阳阳,郝伟,汪永红,张治国.eBee 无人机航测在勘测定界测绘中的应用[J].测绘通报,2017,(S1):105-107.
- [9] 袁显贵,陈毅.基于地块管理单元的规划与国土综合业务管理平台设计[J].测绘与空间地理信息,2018,41(06):122-125.
- [10] 赵铁锋.简述 3S 在土地勘测定界中的典型应用[J].测绘与空间地理信息,2019,42(02):175-177.
- [11] 吴晓勤,张磊,潘爱丰.大数据时代下规划许可信息化管理效用探析——以安徽省城市规划许可信息管理系统为例[J].安徽建筑,2018,24(03):5-9.
- [12] 任方园,王乐,陈良,等.浅谈基于实景三维模型的城市三维地籍管理系统开发[J].互联网周刊,2024,(08):35-37.
- [13] 刘小伶.搭建“多规合一”基础信息平台 推进审批制度改革[J].福建电脑,2018,34(03):98-99.
- [14] 尤淑撑,何芸,刘爱霞,等.国产高分卫星数据在自然资源遥感监测中的应用[J].卫星应用,2021,(12):32-38.
- [15] 张玉蕾.基于 ArcGIS 的土地勘测定界图的制作与研究[J].智慧城市,2018,4(24):50-51.

作者简介:

第一作者/通讯作者:陈高同,1991 年生,男,山东巨野人,山东省菏泽市巨野县自然资源和规划局,助理工程师,主要研究方向为国土资源规划与土地勘测工作。E-mail:chxlqqx1120@163.com

Discussion on the Problems and Solutions in Land Surveying and Demarcation in the Approval of Construction Land – Case Study of S County in Shandong Province

CHEN Gaotong^{*}

(Natural Resources and Planning Bureau of Juye County, Heze City, Shandong Province, Heze 274900, China)

Abstract: This paper aims to analyze the main problems existing in land surveying and demarcation in the approval of construction land for S county in Shandong Province with corresponding solutions. Field investigation and data analysis are conducted for several construction projects in this count, which reveals some issues in the process of land survey and demarcation, including low data availability, poor connection between adjacent projects, difficult ownership investigation and inconsistency between land use status and reality. In response to these problems, this paper puts forward certain countermeasures, including strengthening data management and utilization, perfecting the mechanism of adjacent projects, strengthening ownership investigation and audit, and improving the accuracy of land use investigation. The implementation of these measures will effectively improve the efficiency and quality of construction land approval, and lay a solid foundation for the rational use and planning of land resources.

Key words: approval of construction land; land survey and demarcation; data utilization; ownership investigation; situation of land use

GF - 1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域应用研究

李沛权 *

(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519000)

摘要: 卫星遥感获取数据范围大、时效性高、内容丰富, 为土地利用现状调查、自然资源实时监测等工作提供了技术支撑, 同时卫星遥感技术的不断进步也为国土资源调查监测研究带来了新突破。本文主要研究了 GF - 1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域的应用, 其中国土资源和国土资源调查是 GF - 1B、C、D 卫星数据的研究重点; 重点分析了 GF - 1B、C、D 卫星数据的特性及其在国土资源调查监测中的应用领域, 探讨了 GF - 1B、C、D 卫星数据在空间与光谱分辨率、数据时效性与连续性方面的优势与局限性, 并提出了优化数据处理和提高应用效果的建议措施, 阐述了未来发展趋势。总体而言, GF - 1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测中发挥着重要作用, 不仅适用土地资源调查, 还可用于表层植被状态提取、水资源调查监测保护和生态地质调查等领域, 为国家和地方政府的决策提供了科学依据。

关键词: 卫星遥感; GF - 1B/C/D 卫星; 国土资源调查监测; 应用分析

中图分类号:P237

文献标志码:A

文章编号:1672 - 2736(2024)10 - 0055 - 9

0 引言

国土资源由自然资源和社会资源共同组成, 是国家和地区生存发展的物质载体。其调查监测工作在保障资源合理开发利用、维护生态系统健康稳定、支撑国家和地方重大发展决策等方面具有重要意义。传统的国土资源调查监测主要有地面调查和航空摄影两种形式, 二者结合使用可以保证国土调查的精度较高, 但是存在调查区域范围较小、获取数据周期性较长等局限性^[1]。卫星遥感技术的出现为国土调查监测领域带来了新突破, 其数据获取范围大、时效性高、元数据丰富等优点, 实现了对全域面积快速覆盖, 对于国家土地利用现状调查、自然资源实时监测等工作提供了技术支撑和科学依据^[2,3]。

目前, 国内外众多研究人员聚焦于利用卫星影像数据进行国土资源调查监测^[4]。国外应用于国土资源调查监测的主要卫星有美国陆地卫星系列(Landsat)、WorldView 卫星、法国 SPOT 卫星和欧洲航天局的 Sentinel 系列卫星, 它们的需求不同, 国土资源调查领域的关注重点也不同。

Landsat 卫星是数据时间序列最长的中高分辨率光学遥感卫星系统, 主要应用于调查矿产、海洋和地下水资源、监测农林业的植被生长状况、预测自然灾害和环境污染等领域。WorldView 卫星最高可达亚米级的空间分辨率, 主要应用于城市土地利用现状观测规划和高精度地形测绘等领域^[5]。SPOT 卫星的侧视能力可以从不同角度对地物进行观测记录, 主要应用于土地资源分类、城市发展规划和林草资源监测等领域^[6]。Sentinel 卫星是哥白尼计划空间部分专用卫星系列, 主要应用于陆地和海洋全方位观测监测、气象气候监测、地质灾害等领域^[7,8]。为解决不同的需求问题, 我国开发出高分系列卫星、资源系列卫星和北京系列卫星, 目前三者都可以应用于国土资源调查监测^[9]。

其中, 高分系列卫星作为中国高分辨率对地观测系统的关键构成部分, 相较于其他系列卫星具备显著优势, 在对地观测的国土资源调查监测、环境监测评价、灾害监测与应急响应等领域发挥重要作用^[10,11]。与 Landsat 卫星相比, 高分系列卫星具备合成孔径雷达成像、高光谱观测等

多种先进的观测技术;相较于 WorldView 卫星,高分系列卫星除了具备高分辨率成像能力外,还涵盖了高光谱观测和立体测绘等多种功能,而仅依靠空间分辨率在这方面的表现则相对逊色。对比 SPOT 卫星,高分系列卫星的多种成像类型使其在国土资源调查监测应用场景上更为广泛。与 Sentinel 卫星相比,高分系列卫星在国土资源调查监测的针对性更强且功能更为多元。Sentinel 卫星侧重于陆地和海洋的大范围、多领域综合观测,而高分系列卫星在环境监测评价、灾害监测与应急响应等国土资源相关领域的专业性和精准度更高。总而言之,高分系列卫星与 Landsat、WorldView、SPOT 和 Sentinel 等系列卫星相比,其技术综合性强,具有多种成像方式和高光谱观测优势,应用针对性强,具体表现在对于国土资源的监测更加专业,数据安全性高。高分系列卫星是我国自主研发的卫星系统,数据的获取、处理和应用都在我国的掌控之中,能够更好地满足我国国土资源调查监测等领域的数据安全需求,保障国家信息安全,而国外的卫星数据在使用过程中可能会受到各种限制和安全风险。近年来,国内外的研究人员开始聚焦于 GF - 1B、C、D 卫星,该卫星是我国自主研发并于 2018 年投入使用的遥感卫星,可以基于不同需求进行特殊定制和改进,我国对于其技术和数据有完全的控制权^[12,13]。同时,此卫星的牵头用户包括应急管理部、生态环境部、住房和城乡建设部、交通运输部、农业农村部、国家林业和草原局等多个部门,具备多部门应用与数据共享共建的优势,为国土资源管理和自然资源调查监测等领域提供稳定的数据来源和技术支撑。

本研究旨在深入探讨 GF - 1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域的具体应用方式与挑战,此研究领域及内容较为新颖,国内外的研究成果较少,因此本研究不仅具有聚焦于特定卫星应用、强调适配性分析、拓展此卫星领域成果等创新性,还对研究 GF - 1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域应用具有一定的现实意义,通过分析该卫星数据与不同国土资源调查任务的适配性,为相关部门提供更科学、准确的决策依据,推动遥感技术在国土资源领域的深入应用。

1 GF - 1B、C、D 卫星概况

GF - 1B、C、D 卫星于 2018 年投入使用,其 3 星组网的形式可以实现更高的时空分辨率,GF - 1B、C、D 卫星性能相同、状态一致,提高了数据获取效率和数据协同处理能力,其载荷部分的主要参数如表 1 所示^[14]。GF - 1B、C、D 卫星组网对于地物影像观测的空间分辨率优于全色 2m,对于识别建筑物轮廓、道路边界等细节纹理的精度较高;多光谱数据优于 6m,可以更准确的反映出地区的光谱特征差异,为植被、水体等地物分类识别提供数据基础;单星成像覆盖面积大于 60km,15 天全球覆盖和 2 天同地重访,当与 GF - 1 号进行协同观测时,可以实现 11 天全球覆盖和 1 天重访,大大提高了观测效率的同时还节约了运行成本。GF - 1B、C、D 卫星轨道类型为太阳同步轨道,卫星轨道平面与地球绕太阳公转方向相同、角速度相等,使卫星在经过同一地点时,太阳的光照角度基本相同,有利于在相似的光照条件下对地物信息进行观测。

表 1 GF - 1B、C、D 卫星载荷部分主要参数

参数	光谱	中心波长
光谱范围	蓝波段	0.45 – 0.52 μm
	绿波段	0.52 – 0.60 μm
	红波段	0.63 – 0.69 μm
	近红外波段	0.76 – 0.90 μm
空间分辨率	全色	2m
	多光谱	6m

其稳定的数据观测、获取和传输功能,为研究人员分析国土资源利用和空间数据研究提供了稳定的数据源,快速准确掌握国土资源分布、数量和质量等情况,还可以满足国家和地方在不同层次和不同需求方面的政策规划,提高我国卫星遥感技术在国际上的竞争力。

2 数据处理与分析方法

常规的 GF-1B、C、D 卫星获取的原始数据会经过一定程度的初处理,接收站在接收到卫星传输的原始数据后,进行基本格式转换将其转换成通用的图像或地理信息系统格式,使其能够被通用的遥感数据处理软件识别分析^[15,16]。除此之外,需要辐射定标、大气校正、几何校正、图像增强与滤波、信息提取与分析、可视化等不同数据处理手段结合使用才能达到不同的目的需求,图 1 为常见的卫星数据处理流程。

3 应用领域探索研究

截至目前,知网收录的关于卫星遥感技术应用于国土资源调查监测的文献共 306 篇,具体情况如图 2 和图 3 所示,横坐标表示相关文献主要关注的前二十个主题,纵坐标表示相应主题的文献数量。国土资源和国土资源调查是目前的研

究重点。GF 系列卫星应用于国土资源情况如表 2 所示,此表来源于知网和 VOSviewer。GF 系列卫星的重要性权重最高是在综合评价领域为 3,其次,指标体系和自然资源领域重要性权重为 2,出现权重最高是在国土资源监测领域为 8,其次是国土资源领域为 5,自然资源和宏观调控是较为新颖的主题,平均出现年份是 2021 年 5 月和 2020 年 5 月。GF-1B、C、D 卫星的数据完整性高且应用广泛,GF-1B、C、D 卫星应用于国土资源情况如表 3 所示,此表来源于知网和 VOSviewer。在国土资源情况分析上,GF-1D 卫星的数据比 GF-1B、C 卫星数据应用广泛,注意力机制和 DeepLabV3+ 也是 GF-1B、C、D 卫星与国土资源之间的研究重点,GF-1D、注意力机制和 DeepLabV3+ 的出现权重和重要性权重均为 2,且平均出现年份为 2023 年。下面是 GF-1B、C、D 卫星数据应用于国土资源调查监测不同领域的研究,示意图如图 4 所示。

(1) 土地资源调查。利用国产 GF-1B、C、D 系列卫星数据来调查土地利用变更情况时,可以通过一系列技术手段对其应用方法进行全面评价,包括从卫星数据中提取地类信息、确定最小可识别的图斑尺寸、监测新增建设用地的属性、以及评估面积精度等方面。这些评价手段共同

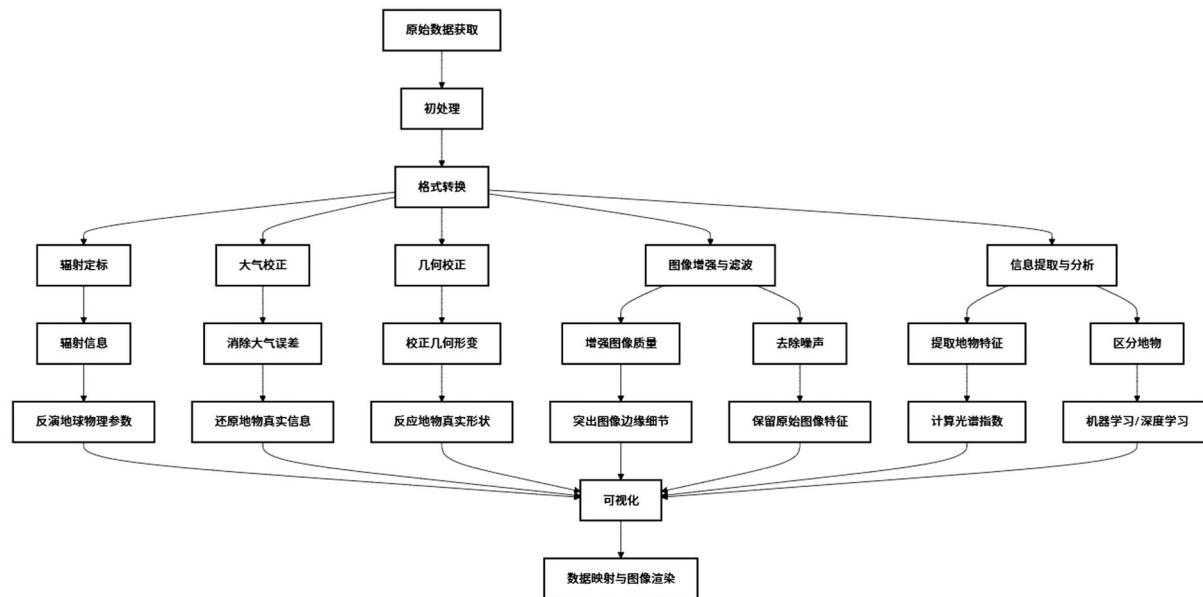


图 1 常见的卫星数据处理流程

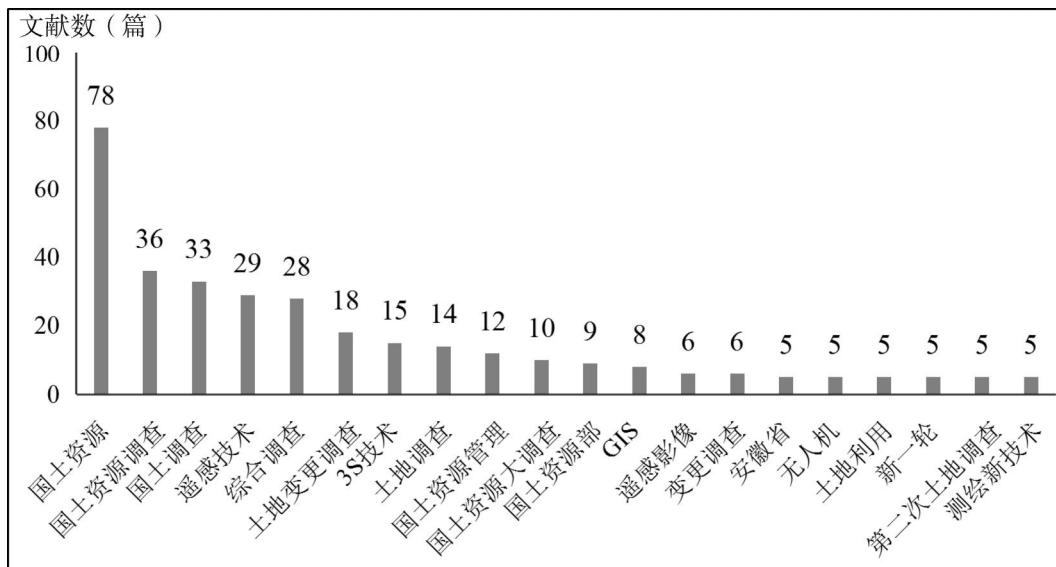


图 2 遥感技术应用于国土资源情况(发文量)

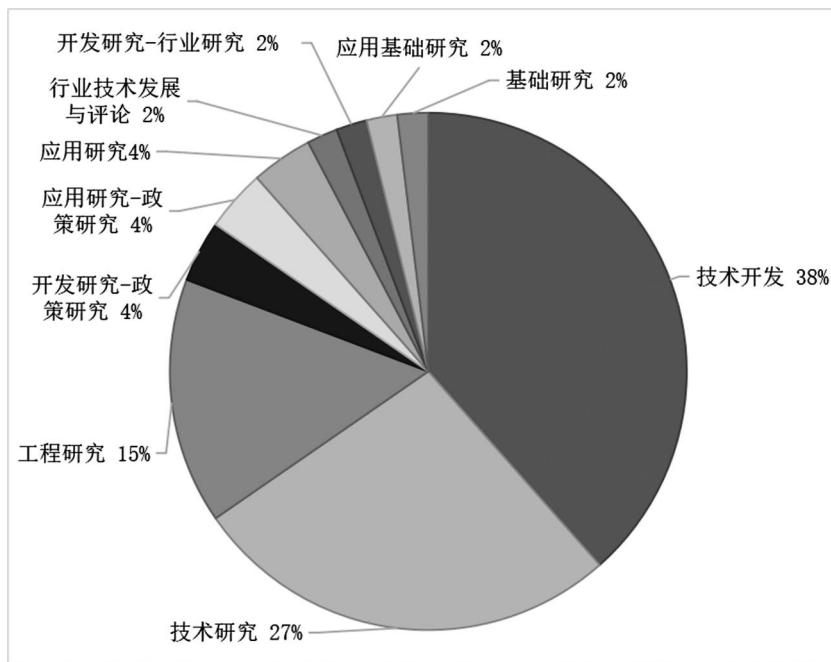


图 3 遥感技术应用于国土资源情况(研究层次)

构成了对 GF - 1B、C、D 卫星数据在土地利用变更调查监测中有效性的综合考量,进而能够评估这些卫星数据在土地执法监督监测预警体系和土地利用分析与监管中的实际应用价值及作用^[14,17]。此外,基于 GF - 1B/D 遥感影像,结合 MSCU - net + C 的深度学习方法,可以对玉米秸秆覆盖面积(CRCA)进行高精度的制图。这种方法不仅能够准确测绘出作物残茬的覆盖面积,

还能够有效监测区域内的黑土保护情况。这一技术的应用,为土地资源调查提供了新的思路和手段,有助于我们更全面地了解和保护土地资源^[18]。

(2) 表层植被状态提取。准确获取植被类别信息对于保护生态环境、指导城市绿化规划等方面具有重要意义。借助 GF - 1D 卫星提供的 2m 分辨率遥感影像,可以对遥感影像进行预处

表 2 GF 系列卫星应用于国土资源情况

主题	重要性权重	总链接强度	出现权重	平均出现年份
国土资源监测	1	2	8	2016.5
国土资源	1	1	5	2014
国土资源管理	0	0	2	2013
宏观调控	1	2	2	2014.5
指标体系	2	2	2	2020.5
综合评价	3	3	2	2017.5
自然资源	2	2	2	2021.5
资源	0	0	2	2016

表 3 GF-1B、C、D 卫星应用于国土资源情况

主题	重要性权重	总链接强度	出现权重	平均出现年份
DeepLabV3 +	2	4	2	2023
GF-1D	2	4	2	2023
注意力机制	2	4	2	2023

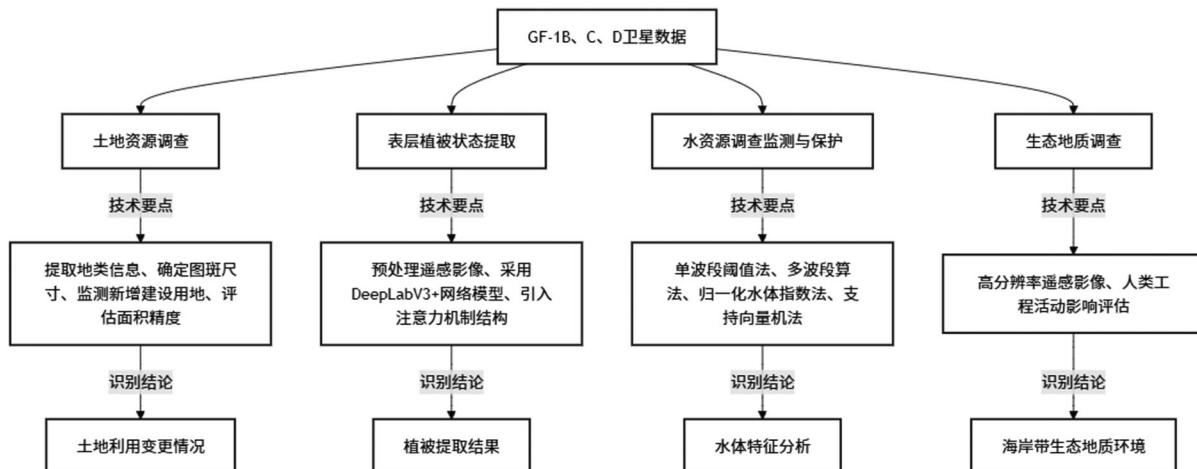


图 4 GF-1B、C、D 卫星数据应用于国土资源调查监测不同领域

理,确保植被样本集的质量,避免过度拟合,从而为不同模型的提取、训练和验证提供坚实基础。为了提高植被提取的效率和准确性,可以采用轻量化的 DeepLabV3 + 网络模型。该模型不仅显著提升了运算速度,而且增强了对不同尺寸林地及草地的分类效果。在此基础上,进一步在网络编码层中引入了通道与空间类型的注意力机制结构,能够精准捕获植被及其边缘的特征信息。通过这种方式,可以更有效地避免林地和草地提取过程中受到其他因素的干扰,从而获得更加准

确和可靠的植被提取结果^[15]。

(3) 水资源调查监测与保护。基于 GF-1B 遥感影像数据,科研人员运用单波段阈值法、多波段算法、归一化水体指数法以及支持向量机法等多种技术手段,精准提取并分析水体信息,此举极大地拓宽了国产 GF-1B 卫星在水体特征探索领域的应用边界^[19]。在人工水产养殖区及水网密布的地域,GF-1B 卫星的目标识别精度与准确性,相较于 Sentinel-2A 卫星,展现出明显的优越性^[7]。进一步将无人机多光谱数据与

GF-1C 卫星数据相融合,深入剖析了水体各项指标的时空分布规律及其背后的水质影响因素,这一研究路径为水资源的观测、监测以及深入调查带来了全新的视角与策略^[20]。利用 GF-1B、C、D 系列遥感影像,可以反演诸如叶绿素 a、氨氮等关键水质参数,解析这些参数的时空演变特征及其驱动因素。这一系列的研究成果不仅加深了 GF-1B、C、D 卫星数据在水质监测领域应用潜力,更为水资源保护与管理提供了坚实的科学依据与技术支撑^[21]。

(4)生态地质调查。GF-1C 卫星在海岸带生态地质环境问题的调查中发挥着重要作用,它极大地增强了科研人员在水体界线划分、海岸带类型识别以及人类工程活动影响评估等方面的能力。借助 GF-1C 卫星的高分辨率遥感影像,科研人员能够更准确地描绘出水体与陆地的交界线,区分不同类型的海岸带地貌特征,如沙滩、淤泥滩、岩石岸等。同时,该卫星还能有效监测人类工程活动对海岸带生态地质环境的影响,如港口建设、海岸防护工程等,为科学的研究和环境保护提供有力的数据支持^[22]。

综上所述,GF-1B、C、D 卫星数据正在逐渐进入广大研究人员的视野,应用于水资源监测和土地利用状态分析等越来越多的领域。在国家新的土地资源监测调查过程中,GF-1B、C、D 卫星遥感数据为实际工作提供了巨大的指导意义,持续运行的 GF-1B、C、D 卫星将带来更长时间序列的数据信息,在未来,遥感技术在山水林田湖草沙等国土资源调查监测领域的重要性和可实践性将逐渐增强。除此之外,现有的研究还存在一定的差异性,知网收录的关于卫星遥感技术应用于国土资源调查监测的文献在不同时间段内,重点关注的主题有所不同。对于 GF-1B、C、D 卫星,在国土资源情况分析上,GF-1D 卫星的数据应用相对广泛,且不同的研究方向如注意力机制和 DeepLabV3+ 也是其与国土资源之间的研究重点。对于关注主题、应用领域以及分析方法等方面存在的差异,各领域研究需要依据自身特点开展工作,以实现对不同国土资源相关

内容的深入探究。

4 技术挑战与发展趋势

4.1 技术挑战

(1) 空间与光谱分辨率方面。

现阶段的 GF-1B、C、D 卫星调查研究多集中于水资源调查、土地利用变化等面积较大、精细化程度较低的领域。尽管 GF-1B、C、D 卫星遥感数据具有全色 2m 多光谱优于 8 的空间分辨率,但对于一些需要更高精度和更详尽信息的国土资源调查任务,如农村宅基地的详细划分需要精确到厘米级,GF-1B、C、D 卫星遥感数据可能无法准确获取部分微小地物信息变化数据,从而产生误差,这些误差不能通过卫星数据自身完全准确地识别和校正,还需要借助人工的方式进行二次处理,以确保数据的准确性和可用性^[20]。多光谱信息在一定程度上能够为地物分类提供参考信息,但在实际的国土资源场景中,存在部分覆盖度较高且信息相互重叠的区域,在这些区域内区分光谱特征相似的地物,现有的光谱分辨率可能难以对其进行准确分辨,从而造成部分误差。

为了降低此类误差,进一步提升 GF-1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域的应用效果,一方面可以将 GF-1B、C、D 卫星数据与其他高分辨率卫星数据或无人机航空数据进行融合分析,补充 GF-1B、C、D 卫星影像数据的精度和细节。另一方面可以加大开发研究分辨率重建技术的力度,对 GF-1B、C、D 卫星遥感影像数据展开深度处理,通过计算机算法对原始影像数据进行优化和重构,生成更精准的高分辨率图像,为精度要求更高的国土资源调查任务提供数据支持,在一些需要精确界定土地利用边界、详细分析植被覆盖细节等场景下,提供更清晰准确的影像依据和数据分析基础。

(2) 数据时效性与数据连续性方面。

GF-1B、C、D 卫星数据在不同地理区域的各类国土资源调查监测应用中发挥了重要作用,但在数据时效性与连续性方面也有一些不足。

尽管 GF-1B、C、D 卫星组网后具备一定的重访周期优势,然而在面对动态变化频繁的国土资源,如一些处于快速城市化进程中的土地利用变化、水资源实时动态变化等情况时,现有的重访周期可能仍无法满足实时监测的需求,这就容易导致部分重要变化信息的遗漏,影响研究人员对国土资源整体状况的准确把握。同时,在长期的国土资源调查监测过程中,GF-1B、C、D 卫星的设计寿命为 6 年,在一定程度上限制了其在长时间序列数据获取方面的能力,相较于一些需要长时间序列数据来深入分析国土资源演变规律的研究,例如研究某地几十年内土地利用类型转变过程、水资源在不同季节和年份的动态变化趋势等,都需要连续、完整的卫星数据作为支撑。目前 GF-1B、C、D 卫星数据还不能独立承担长时间序列的国土资源观测,其数据的时效性和延续性有待提高^[23]。

对于此种情况,可以进一步加强 GF-1B、C、D 卫星与其他卫星系列组网协同观测机制,合理规划和安排不同卫星的观测任务,进一步缩短重访周期,将一些时效性要求较高的观测任务分配给重访周期更短的卫星,将一些对精度要求较高的观测任务分配给分辨率更高的卫星,从而提高数据获取能力,及时捕捉国土资源的动态变化信息,弥补数据时效性方面的不足。加速 GF-1B、C、D 卫星的后续研发设计,通过优化卫星的性能和技术参数,例如提升卫星的传感器灵敏度、改进数据传输效率等,延长设计寿命,保障长时间序列高分辨率卫星数据的来源安全稳定,从而为国土资源的长期监测和深入研究提供坚实的数据基础,保障长时间序列高分辨率卫星数据的来源安全稳定。

4.2 未来发展趋势

GF-1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域的应用现状及趋势,除了在数据获取方面继续深入研究更高空间分辨率、光谱分辨率、更短重访周期和多元数据融合外,未来还应更加聚焦于数据的智能化处理和大数据技术的应用服务等方面,以进一步提升卫星遥感数据在国土资源

调查监测领域的应用价值和效能^[24-26]。具体可利用深度学习、机器学习等方法,对卫星遥感数据进行全分析处理,如通过训练神经网络模型实现对国土资源的自动分类、地物识别、变化检测等任务,提高分类精度的同时,还能增强数据处理的效率和准确性。

通过智能算法对遥感数据进行快速筛选提取目标信息。云计算具有提供强大的计算能力和存储资源,可以用于大规模的卫星遥感数据处理和分析。边缘计算则可以在卫星数据接收端进行初步的数据处理和筛选,减少数据传输压力,提高数据传输效率增强数据的时效性。将二者结合使用可以实现高效、快速的数据处理和分析,满足国土资源调查监测的大部分需求。

GF-1B、C、D 卫星的可塑性强、应用范围广,在根据不同需求定制信息服务的同时,还可以构建国土资源三维可视化模型用于展示分析,便于使用者直观了解到国土资源的空间分布和变化情况,为国土资源规划管理和决策提供参考。将卫星遥感技术与地理信息系统、物联网技术进行更深入的融合应用,增强对国土资源的空间监测分析能力,进而提高国土资源的实时监测和智能管理效率。

5 结论

本文系统地介绍了 GF-1B、C、D 卫星在国土资源调查监测领域的应用,并详细阐述了这些卫星数据在该领域的潜力与价值。研究结果显示,GF-1B、C、D 卫星凭借其高分辨率、宽覆盖范围和快速重访周期的优势,为国土资源调查提供了可靠的数据源,在国土资源调查监测中发挥着重要作用。在国土资源情况分析方面,GF-1D 卫星数据的应用比 GF-1B、C 卫星数据更为广泛,同时,注意力机制和 DeepLabV3+ 技术也是研究的重点。GF-1B、C、D 卫星数据不仅应用于土地资源调查,还可以应用于表层植被状态提取、水资源调查监测保护和生态地质调查等多个领域,为国家和地方政府的决策提供了科学依据。此外,GF-1B、C、D 卫星数据的可塑性强,

能够根据实际需求进行定制化处理,这种灵活性使得该卫星数据在不同地区、不同领域的应用中都能取得较好的效果。GF - 1B、C、D 卫星的多部门应用与数据共享共建优势,促进了跨部门之间的沟通与协作,提高了国土资源管理的效率和水平。综上所述,GF - 1B、C、D 卫星数据在国土资源调查监测领域具有显著的优势和应用潜力,通过不断优化数据处理技术和提高数据质量,将进一步推动该领域的发展和创新。

参考文献(References) :

- [1] 张继贤,李海涛,顾海燕,等.人机协同的自然资源要素智能提取方法[J].测绘学报,2021,50(08):1023 – 1032.
- [2] Zhang K, Li P, Wang J. A Review of Deep Learning – Based Remote Sensing Image Caption: Methods, Models, Comparisons and Future Directions[J]. Remote Sensing, 2024, 16(21): 4113 – 4113.
- [3] Biswas N R, Rashid J K, Ullah A M, et al. Implications of Jhau (Tamarix: Casuarina equisetifolia) forest deforestation on coastal landscape ecology and climate change adaptation in Cox's Bazar, Bangladesh[J]. Ecological Frontiers, 2024, 44(5): 1027 – 1051.
- [4] 高常军,甄佳宁,沈震,等.基于 WorldView - 2 卫星影像的红树物种群识别方法研究[J].湿地科学,2023,21(05):627 – 636.
- [5] Fiston N, Mathieu V, Jérôme T. Mapping common and glossy buckthorns (; Frangula alnus; and; Rhamnus cathartica;) using multi – date satellite imagery WorldView - 3, GeoEye - 1 and SPOT - 7[J]. International Journal of Digital Earth, 2023, 16 (1): 31 – 42.
- [6] D. E H, Patrick B, Caye R D, et al. Automated avalanche mapping from SPOT 6/7 satellite imagery with deep learning: results, evaluation, potential and limitations [J]. The Cryosphere, 2022, 16 (9): 3517 – 3530.
- [7] 董迪,王跃,魏征,等.基于 Sentinel - 2A 和 GF - 1B 遥感数据的海岸带水产养殖识别方法比较[J].应用海洋学学报,2024,43(01):64 – 74.
- [8] 康育鹏.基于 GF - 6 WVF 和 Sentinel - 1/2 数据红边特征的农作物分类研究[D].焦作:河南理工大学,2023.
- [9] 尤淑撑,何芸,刘爱霞,等.国产高分卫星数据在自然资源遥感监测中的应用[J].卫星应用,2021,(12):32 – 38.
- [10] 焦雯珺,刘显洋,何思源,等.基于多类型自然保护地整合优化的国家公园综合监测体系构建[J].生态学报,2022,42(14):5825 – 5837.
- [11] Ma T, Zhang C, Ji L, et al. Development of forest aboveground biomass estimation, its problems and future solutions: A review [J]. Ecological Indicators, 2024, 159: 111653.
- [12] 敖为赳,陈文志,童英良.GF - 1B、C、D 星数据质量在轨测试评价研究[J].浙江国土资源,2019,(02):46 – 49.
- [13] 杨天鹏,闫文佳,张远.GF - 1 WVF 与 Landsat - 8 OLI 和 Sentinel - 2A MSI 遥感图像光谱信息转换研究[J].华东师范大学学报(自然科学版),2017,(06):136 – 146.
- [14] 陈文志,许调娟,童英良.GF - 1B、C、D 星数据在国土资源调查监测领域的应用研究[J].浙江国土资源,2022,(03):40 – 43.
- [15] 周俊宇.基于 DeepLabV3 + 网络的遥感影像植被提取研究[D].重庆:重庆交通大学,2023.
- [16] Kumar D P, Imran A H, Ratikant B, et al. Artificial intelligence, machine learning and big data in natural resources management: A comprehensive bibliometric review of literature spanning 1975 – 2022 [J]. Resources Policy, 2023, 86(PA): 104250.
- [17] 梁超,刘建强,邹亚荣,等.基于 RF 模型的滨海城镇土地利用高分遥感提取分析—以江苏省连云港市赣榆区为例[J].地理信息世界,2022,29(05):106 – 111.
- [18] Tao W C, Xie Z X, Zhang Y, et al. Corn Residue Covered Area Mapping with a Deep Learning Method Using Chinese GF - 1 B/D High Resolution Remote Sensing Images [J]. Remote Sensing, 2021, 13 (15): 2903.
- [19] 付伟峰,张福友,李慧,等.基于 GF - 1B 遥感影像的水库水体提取方法研究[J].水利技术监督,2022,(12):83 – 86.
- [20] 陈鹏.基于多源遥感的南淝河水水质参数反演及时

- 空变化分析[D]. 合肥: 安徽大学. 2023.
- [21] Zhuo L, Song J l, Kang Y, et al. A research on inversion of water quality parameters in the mulan river based on GF-1B\C\D remote sensing images[J]. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, 2024, 24(1): 567 – 576.
- [22] Li W J, Pang J M. Application Test and Analysis of 2m/8m optical satellite in coastal zone survey[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 571(1): 012038.
- [23] 林娜, 周俊宇, 何静, 等. 利用轻量化 DeepLabV3+ 进行植被信息提取[J]. 科技通报, 2023, 39(08): 1 – 6 + 18.
- [24] 梁思, 厉芳婷, 谢宝发, 等. 浅谈自然资源卫星应用技术现状与发展[J]. 地理空间信息, 2021, 19(09): 38 – 40 + 157.
- [25] 肖粤新, 王步清, 巩浩, 等. 关于融入自然资源调查监测体系的草原资源监测如何开展的思考[J]. 草业科学, 2022, 39(12): 2683 – 2694.
- [26] 陈军, 武昊, 张继贤, 等. 自然资源调查监测技术体系构建的方向与任务[J]. 地理学报, 2022, 77(05): 1041 – 1055.

作者简介:

第一作者/通讯作者: 李沛权, 1987 年生, 男, 广东清远人, 珠海市规划设计研究院, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向为国土空间规划。Email: 3042608371@qq.com

Research on the Application of GF-1B、C、D Satellite Date in the Land Resources Survey and Monitoring

LI Peiquan^{*}

(Zhuhai Institute of Urban Planning and Design, Zhuhai 519000, China)

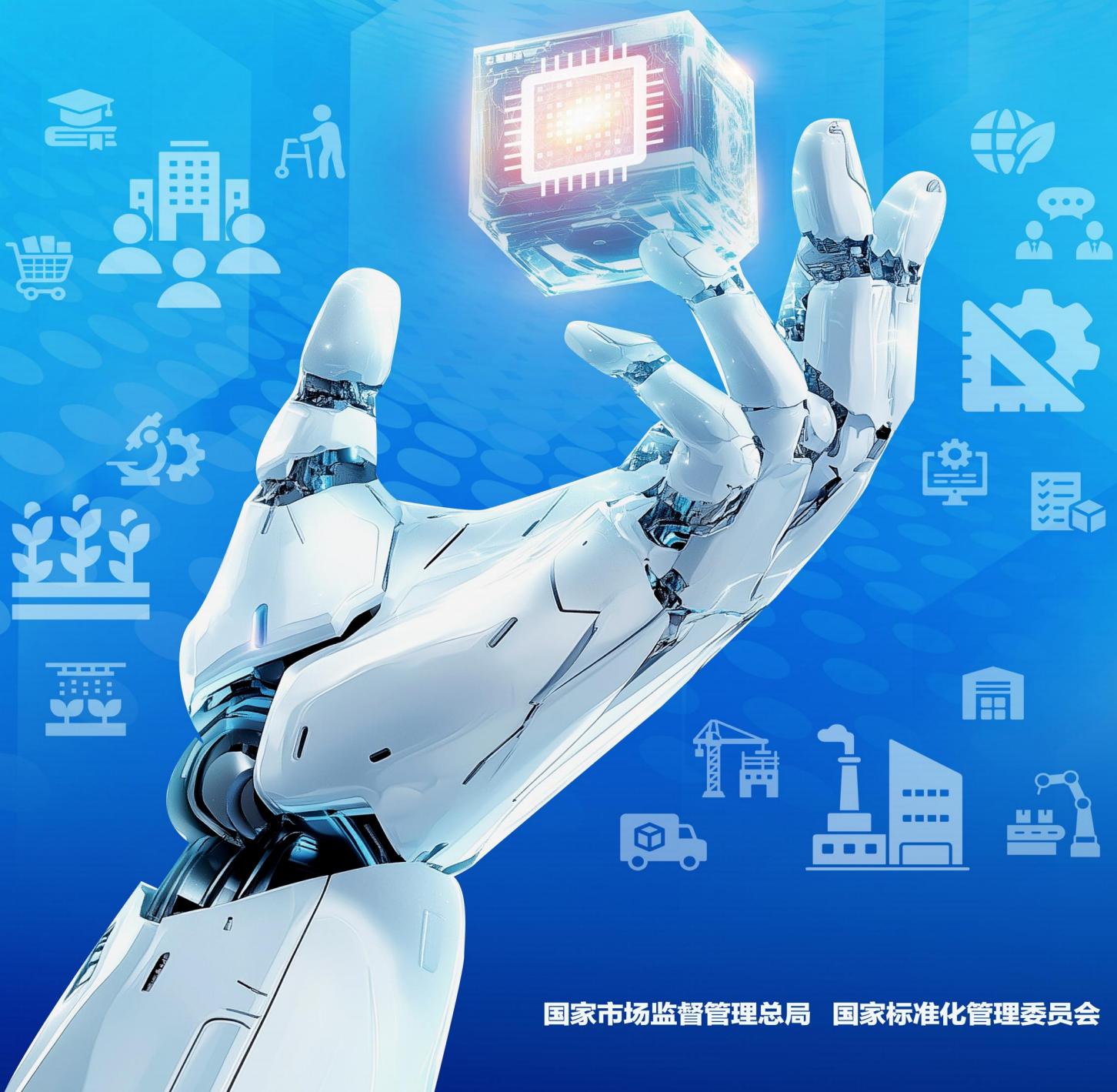
Abstract: The data obtained by satellite remote sensing is featured as large range, strong timeliness and rich content, providing technical support for the investigation of land use status and real-time monitoring of natural resources. Meanwhile, the continuous progress of satellite remote sensing technology also brought new breakthroughs for the investigation and monitoring of land resources. This paper mainly studies the application of GF-1B/C/D satellite data in land resources survey and monitoring with the focus on the land resources and land resources survey; the characteristics of GF-1B/C/D satellite data and their application fields in land resources survey and monitoring are also analyzed. The advantages and limitations of GF-1B/C/D satellite data in terms of spatial and spectral resolution, timeliness and continuity of data are discussed. Suggestions for optimizing data processing and improving application effects are put forward with the future development trend. Generally, GF-1B/C/D satellite data plays an important role in land resources survey and monitoring, which suits for land resources survey as well as the surface vegetation extraction, water resources survey, monitoring and protection, ecological geological survey and other fields, providing a scientific basis for national and local governments decision-making.

Key words: satellite remote sensing; GF-1B/C/D satellite; land resources survey and monitoring; application analysis

WORLD STANDARDS DAY

世界标准日 2024年10月14日

强化标准引领 促进高质量发展



国家市场监督管理总局 国家标准化管理委员会