

“双碳”目标背景下黄河滩区生态综合整治研究

——以济南市黄河滩区为例

张雅芹，齐俊，吴闯，梁勇

(济南市勘察测绘研究院，山东 济南 250000)

摘要：全域土地综合整治是优化国土空间布局和实现生态文明的重要抓手和基础平台，研究土地综合整治与“双碳”目标的互馈关系，剖析其对“双碳”目标的贡献具有重要意义。文章选取济南市黄河滩区作为研究对象，结合滩区实际情况构建指标体系，从耕地、园林地、建设用地、草地等四种土地利用类型评价滩区综合整治潜力，同时划分土地整治潜力分区，探索土地综合整治和布局优化对滩区生态碳汇的影响，提出滩区差异化用途管制和优化减排增汇的路径。

关键词：黄河滩区；全域土地综合整治；“双碳”目标；空间布局优化

中图分类号：F062.1；X37；S7 **文献标识码：**A **文章编号：**1672-6995(2023)01-0000-00

DOI:10.19676/j.cnki.1672-6995.001090

Study on Comprehensive Eco-Regulation in the Yellow River Beach Area under the Background of "Dual Carbon" Target

--A Case Study of Yellow River Beach Area in Jinan City

ZHANG Yaqin, QI Jun, WU Chuang, LIANG Yong

(Jinan Institute of Survey and Investigation, Jinan, 100101, China)

Abstract: The comprehensive land consolidation in whole area is an important starting point and basic platform for optimizing the land spatial layout and realizing eco-civilization. It is of great significance to study the mutual feed-back relationship between the comprehensive land consolidation and the "double carbon" target and analyze its contribution to the "double carbon" target. This paper selects the Yellow River beach area in Jinan city as the research object, builds an index system combined with the actual situation of the beach area, evaluates the comprehensive regulation potential of the beach area from four land use types, namely cultivated land, garden land, construction land and grassland, and divides the land regulation potential into different zones to explore the impact of land comprehensive regulation and layout optimization on the eco-carbon sink of the beach area, and puts forward the differentiated use control of beach area and the optimization path of emission reduction and sink increase.

Keywords: Yellow River beach area; comprehensive land consolidation in whole area; "dual carbon" target; spatial layout optimization

0 引言

习近平总书记强调，要把碳达峰、碳中和纳入经济社会发展和生态文明建设整体布局。

收稿日期：2024-03-11；修回日期：2024-06-29

基金项目：济南市自然资源和规划局一级项目“济南市耕地后备资源调查评价项目”(SDGP370100000202202001247)

作者简介：张雅芹（1992—），女，山东省烟台市人，济南市勘察测绘研究院工程师，土地资源管理硕士，主要研究方向为自然资源调查、评价、管理与保护等。

通讯作者：齐俊（1987—），男，安徽省阜阳市人，济南市勘察测绘研究院高级工程师，地理信息硕士，主要从事国土资源信息化、遥感等方面的研究工作。E-mail:qijun0527@126.com。

土地是碳源和碳汇的根本载体，土地利用是缓解气候变化的重要环节，全域土地综合整治通过改变土地利用现状及其负载的人类活动，影响不同用地类型所承载的自然及人为碳通量过程。同时，土地利用与粮食安全、乡村振兴等社会经济目标联系密切，优化土地利用以满足社会发展需求并兼顾生态文明建设对实现“双碳”目标具有重要意义。全域土地综合整治作为面向全空间、全地类、全要素的整治活动，是优化国土空间布局和实现生态文明的重要抓手和基础平台。当前全域土地综合整治正处于发展转型与试点推进的重要时期，2023年中央一号文件提出持续推进全域土地综合整治，进一步夯实了全域土地综合整治在生态文明建设中的基础地位，为全域土地综合整治的减排增汇生态化转型提供了契机^[1]。而“双碳”目标进一步更新和强化了全域土地综合整治减排增汇的生态要义，为生态化转型注入新的活力。实现“双碳”目标的重点在于改变土地利用方式、提升生态碳汇能力，有效发挥森林、草原、湿地、海洋、土壤和冻土的固碳作用。

黄河滩区在济南市黄河流域生态保护和高质量发展中具有重要地位，对济南市绿色低碳高质量发展具有重要意义。由于黄河河道及水情的特殊性，经过长期的发展，济南市黄河滩区内已形成完善的生产生活空间，并存在大量优质农田，建设了一定规模的生活和生产设施，使得滩区具有防洪、生产、生活的复合功能属性。因此，济南市黄河滩区的保护和发展必须同时兼顾防洪减灾、粮食安全、经济发展等多重任务。2021年10月8日，中共中央、国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》，2023年4月1日，《中华人民共和国黄河保护法》正式实施，相关文件和法律法规对黄河滩区的利用和保护提出了更高要求。

目前，关于“双碳”目标的研究主要集中在调整能源结构方面，尽管对于土地综合整治潜力的评价较为成熟^[2-6]，但将全域土地综合整治和“双碳”目标相结合，以及对土地综合整治的碳汇效应测算与系统化减排增汇路径探索的研究较少，且主要为定性研究^[7-10]。因此，本研究选取济南市黄河滩区为研究对象，在评价黄河滩区综合整治适宜性的基础上，提出采用差异化的用途管制优化滩区国土空间布局的建议，并分析由地类转变、要素综合、空间复合造成的土地利用碳效应机制，定量测算济南市黄河滩区土地综合整治前后碳汇能力，探索系统化减排增汇路径，提出黄河滩区土地综合整治和减排增汇建议，剖析土地综合整治对实现“双碳”目标的贡献，以期为全域土地综合整治助推“碳达峰、碳中和”目标实现及黄河流域生态保护和高质量发展提供参考。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

黄河流经济南市平阴县、长清区、槐荫区、天桥区、历城区、济阳区、章丘区等7个区县，济南市黄河滩区总面积为441.09km²，涉及26个镇（办事处），有528个行政村，共39.80万人，其中滩区内居住27.44万人，平阴县、长清区黄河滩区面积为388.81km²，占济南市黄河滩区总面积的77%。据2022年国土变更成果及外业调查数据，济南市黄河滩区现状农用地面积为35325.71hm²，耕地面积为20685.06hm²，其中，永久基本农田约16400hm²，

园林地面积为 11807.52hm²，建设用地面积为 7803.18hm²，未利用地面积为 615.29hm²。

1.2 数据来源

本文数据来源主要包括：①部门资料收集。收集自然资源部门 2022 年度第三次国土调查变更数据、最新的“三区三线”成果、“双评价”成果、土地整治项目数据，林业部门数据最新的林业保护“一张图”数据，农业部门数据土壤普查等相关数据。②实地调查取样、化验及问卷。选取具有代表性的样点，对土壤质地、土壤有机质含量、土壤氮磷钾等养分含量等指标通过实地采样化验方式进行外业补充调查，并采用调查问卷形式对农民的拆迁意愿、原因等进行调查。调查问卷的内容通过咨询相关领域专家设置，调查对象以村集体为单位，调查方式是通过现场询问不同年龄阶段的村民代表填写调查问卷，调查问卷结果具有一定的现势性和代表性。

2 研究方法

本研究在保障济南市黄河滩区生态安全和行洪安全的前提下，从耕地、园林地、建设用地、草地四大类土地利用类型着手，选取自然、经济、社会、生态等多方面指标，采取现代科学技术与实地调研踏勘相结合的方式，运用多因素评价及特尔斐专家打分法分别建立综合评价指标并确定相应的指标权重，对滩区土地综合整治适宜性进行综合评价，依据综合评价结果对滩区四类土地整治潜力进行分级和国土空间布局优化，在此基础上估算济南市黄河滩区综合整治和空间优化前后的碳汇能力，并提出黄河滩区综合整治和减排增汇实施路径。

2.1 综合整治适宜性评价方法

选取综合整治适宜性评价指标是对对象进行客观评价的基础。本研究借鉴土地整治适宜性评价相关研究^[11-17]，评价指标选取充分遵循系统性、可行性、以人为本、安全性和生态性等原则，将每一个评价对象作为一个整体，全面系统地建立评价指标体系。

2.1.1 耕地综合整治适宜性评价

济南市黄河滩区耕地综合整治的目的主要是，在不影响河道行洪和粮食安全的前提下统筹推进现有耕地提质改造和退耕还林还湿，最终实现耕地格局优化。耕地整治潜力评价将位于生态保护重要区域、极重要区域、生态保护红线、河道行洪区范围内的耕地作为强制性因子，此部分耕地应逐步退出，还林还湿。对于此部分耕地以外的区域，本研究从土壤条件、地形条件、基础设施条件、耕作条件、生态条件五个方面选取土层厚度、土壤质地、土壤养分、土壤有机质含量、pH 值、盐渍化程度、灌溉保证率、排水条件、农田基础设施完备程度、坡度、地块连片性、地块规整性、与基本农田距离、与生态保护红线距离等评价因子建立评价指标体系，综合评价耕地质量，通过特尔斐专家打分法确定各因子权重及指标分值（表 1）。

表1 耕地综合整治适宜性评价指标体系

因素层	因子层	权重	指标分值				
			100	80	60	40	0
基础设施条件	排水条件	0.09	排水条件好	排水条件较好	排水条件较差	排水条件差	
	灌溉保证率	0.06	充分满足	基本满足	一般满足	无灌溉条件	
	耕作便利度	0.08	便利	较便利	一般	较差	
土壤条件	盐渍化程度	0.06	无盐化	轻度盐化	中度盐化	重度盐化	
	有效土层厚度/cm	0.06	(100, +∞)	(60, 100]	(30, 60]		(0, 30]
	土壤养分	0.08	一级	二级	三级		
	土壤有机质含量/(g/kg)	0.07	(15, +∞)	(12, 15]	(10, 12]	(0, 10]	
	pH值	0.08		(6.5, 7.5]	(7.5, 8.5]		
地形条件	土壤质地	0.055	壤土	黏土	砂土		
	坡度/°	0.055	(0, 2]	(2, 6]	(6, 15]	(15, 25]	(25, 90)
管理条件	与永久基本农田距离/km	0.09	0	(0, 0.3]	(0.3, 0.6]	(0.6, +∞)	
	连片性/hm ²	0.065	(1700, +∞)	(700, 1700]	(200, 700]	(50, 200]	(0, 50]
	规整度	0.065	$F_i=100 \times [(E_i-E_{min}) / (E_{max}-E_{min})]$				
生态条件	与生态红线距离/km	0.09	(2, +∞)	(1.2, 2]	(0.7, 1.2]	(0.3, 0.7]	(0, 0.3]

2.1.2 园林地综合整治适宜性评价

园林地综合整治的主要目的是，在提高区域生态功能的基础上提升林地质量，适当增加部分耕地，同时提升土壤固碳能力。因此，园林地综合整治适宜性评价主要从残次园林地复耕和低质林地保护与修复两个方向进行。

低质林地保护与修复综合评价的主要目的是提高林地质量，培育生态功能，进一步提升水源涵养能力、土壤固碳能力等生态功能。评价对象为位于生态保护重要区域、生态保护极重要区域、生态保护红线、林业保护范围内的林地，评价方法为以林地质量等级为基础划分林地保护和修复等级(1~5)，1~2级的林地质量较好，应当在保持原状的基础上加强保护，将此部分划为重点保护区；3~5级的林地质量较差，应当加强修复与提升。

残次园林地复耕适宜性评价的主要目的是，在尊重农民意愿和不破坏生态环境的前提下合理增加耕地有效面积，优化农用地空间布局。评价对象是位于低质林地区域以外的低效残次林、低效园地，评价方法是从土壤条件、地形条件、基础设施条件、耕作条件、生态环境条件五个方面选取土层厚度、土壤质地、土壤养分含量、pH值、盐渍化程度、灌溉保证率、排水条件、耕作便利度、坡度、地块连片性、地块规整性、与生态保护红线距离等作为评价指标，进行多因素综合评价，通过特尔斐专家打分法确定各因子权重及各指标分值（表2）。

表2 园林地综合整治适宜性评价指标体系

整治方向	因素层	因子层	权重	指标分值				
				100	80	60	40	0
复耕适宜性评价	基础设施条件	排水条件	0.065	排水条件好	排水条件较好	排水条件较差	排水条件差	
		灌溉保证率	0.055	充分满足	基本满足	一般满足	无灌溉条件	
复耕适宜性评价	土壤条件	盐渍化程度	0.07	无盐化	轻度盐化	中度盐化	重度盐化	
		有效土层厚度/cm	0.07	(100, +∞)	(60, 100]	(30, 60]		(0, 30]
		土壤养分	0.085	一级	二级	三级		
		土壤有机质含量/(g/kg)	0.08	(15, +∞)	(12, 15]	(10, 12]	(0, 10]	
		pH值	0.07		(6.5, 7.5]	(7.5, 8.5]		

整治方向	因素层	因子层	权重	指标分值				
				100	80	60	40	0
		土壤质地	0.07	壤土	黏土	砂土		
地形条件		坡度/°	0.07	(0, 2]	(2, 6]	(6, 15]	(15, 25]	(25, 90)
管理条件		与耕地连片性/ hm^2	0.09	(47, +∞)	(22, 47]	(10, 22]	(4, 10]	(0, 4]
		规整度	0.08	$F_i = 100 \times [(E_i - E_{min}) / (E_{max} - E_{min})]$				
		农民复耕意愿	0.095	愿意		可以协商		不愿意
生态条件		与生态保护红线距离/km	0.1	(0, 0.38]	(0.38, 0.77]	(0.77, 1.3]	(1.3, 2]	(2, +∞)
保护与修复适宜性评价	是否位于生态保护重要区域、生态保护极重要区域、生态保护红线、林业保护范围内			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
				重点保护	重点保护	修复提升	修复提升	修复提升

2.1.3 建设用地综合整治适宜性评价

建设用地综合整治适宜性评价主要是在尊重当地民众意愿的基础上评价低效建设用地综合整治适宜性，实现农村建设用地节约集约，有效增加耕地和生态用地，从而增加碳汇、降低能耗。本研究从农村的自然条件、社会经济条件、规划条件、区位条件、生态环境条件五大因素层，选取坡度、与交通干线距离、与永久基本农田距离、植被覆盖度、村民拆迁意愿、村庄破碎度、不透水面占比、人均建设用地面积等因子，评价农村建设用地综合整治适宜性，通过特尔斐专家打分法确定各因子权重及各指标分值（表3）。

表3 建设用地综合整治适宜性评价指标体系

因素层	因子	权重	指标分值				
			100	80	40	20	0
自然条件	坡度/°	0.07	(0, 2]	(2, 6]	(6, 15]	(15, 25]	(25, 90]
区位条件	与交通干线距离/km	0.12	(0, 0.5]	(0.5, 1]	(1, 2]	(2, +∞)	
	与永久基本农田距离/km	0.13	[0, 0.1]	(0.1, 0.2]	(0.2, 0.5]	(0.5, +∞)	
生态环境条件	植被覆盖度/%	0.11	[0, 30]	(30, 50]	(50, 70]	(70, 100]	
社会经济条件	生活基础设施完备度	0.09	完备	较完善	一般	较差	
	村民拆迁意愿	0.15	不同意	一般	比较强烈	强烈	
	村庄破碎度	0.11	(0, 1.5]	(1.5, 2.5]	(2, 5, 5]	(5, +∞)	
	不透水面占比/%	0.1	(70, 100]	(50, 70]	(30, 50]	[0, 30]	
	人均建设用地面积/ m^2	0.12	(0, 90]	(90, 200]	(200, 340]	(340, 680]	(680, +∞]

2.1.4 草地综合整治适宜性评价

草地综合整治主要以生态环境保护为重点，根据土地适宜性和周边土地利用情况进行合理整治，可通过植树、种草绿化等单位面积固碳量大的方式增加碳汇能力。其中，对于“双评价”生态保护重要区域、生态保护极重要区域、生态保护红线、河道行洪区等范围内的不适宜整治为耕地的草地，应当重视生态功能培育；对于该区域以外的草地，可以适当整治为耕地。因此，本研究从土壤条件、生态条件、地形条件、耕作条件四个因素层，选取土层厚度、土壤质地、土壤养分含量、pH值、盐渍化程度、坡度、与耕地连片度、可及度、与生态保护红线距离等评价因子（表4）。

表4 草地综合整治适宜性评价指标体系

因素层	因子层	权重	指标分值				
			100	80	60	20	0
土壤条件	盐渍化程度	0.09	无盐化	轻度盐化	中度盐化	重度盐化	
	有效土层厚度/cm	0.11	(100, +∞)	(60, 100]	(30, 60]	(0, 30]	
	土壤有机质/(g/kg)	0.1	(15, +∞)	(12, 15]	(10, 12]	(0, 10]	
	pH值	0.09		(6.5, 7.5]	(7.5, 8.5]		
	土壤质地	0.12	壤土	黏土	砂土		
地形条件	坡度/°	0.1	(0, 2]	(2, 6]	(6, 15]	(15, 25]	(25, 90)
耕作条件	与耕地连片度/hm ²	0.12	(12, +∞)	(7, 12]	(3, 7]	(0, 3]	
	可及度	0.13	即可及	将可及			不可及
生态条件	与生态红线距离/km	0.14	(1.9, +∞)	(1.2, 1.9]	(0.7, 1.2]	(0.3, 0.7]	(0, 0.3]

2.2 碳汇计算方法

本研究碳汇计算主要针对耕地、园林地、草地、建设用地四类生态系统的碳汇能力。采用固碳计算公式如下：

$$G_{\text{碳}} = 1.63 \times R_{\text{碳}} \times A \times B_{\text{年}} \times F \quad (1)$$

式中： $G_{\text{碳}}$ 为生态系统年固碳量，单位为 $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ ； $R_{\text{碳}}$ 为二氧化碳中碳的含量，数值为 27.27%； A 为生态系统地类面积，单位为 hm^2 ； $B_{\text{年}}$ 为初级净生产力，单位为 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ； F 为生态系统服务修正系数^[2]。

通过对国内外学者对初级净生产力研究^[18]，综合分析相关研究成果并结合实际，对济南市黄河滩区生态系统年碳汇量进行计算，结果为：耕地初级净生产力为 $4.23 \text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，园林地初级净生产力为 $5.80 \text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，草地等未利用地的初级净生产力为 $2.39 \text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，建设用地等其他用地的初级净生产力为 $1.54 \text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

3 结果与分析

3.1 综合整治适宜性评价结果

通过分别构建耕地、园林地、建设用地、草地等四类用地综合整治适宜性评价指标体系，采用多因素综合评价方法得到各评价单位综合分值，并划分潜力等级，济南市黄河滩区内各区县综合整治潜力见表 5。

3.1.1 耕地综合整治潜力

根据评价结果，耕地评价单元综合分值区间的(72, 89]（分值越高耕地质量越好），采用自然断点法将耕地综合分值进行分级，将(72, 75]划为 I 级，(75, 80]划为 II 级，(80, 84]划为 III 级，(84, 89]划为 IV 级。根据潜力分级情况，I 级和 II 级潜力区域的整治必要性较大，此部分耕地综合质量较差，面积为 5197.03hm^2 ，主要分布在长清区和章丘区。整治方向应在不影响河道行洪和生态环境的前提下，通过轮作休耕、改善土壤和灌排条件等提升较差耕地的质量，对于影响河道行洪和生态安全而不适宜耕作的耕地应根据空间集聚性和农民意愿等退耕还林还湿。

3.1.2 园林地综合整治潜力

根据评价结果，将位于生态保护重要区域、生态保护极重要区域、生态保护红线、林业保护范围内1~2级的林地划为重点保护区，3~5级划为优化提升区。其中，优化提升区面积约为 683.15hm^2 ，主要分布在长清区，综合整治方向主要为提升林地质量。此范围以外的残次园林地评价单元综合分值区间为(56, 88]（分值越高土地综合质量越好，越适宜复垦为耕地），采用自然断点法将园林地综合分值进行分级，将(79, 88]划为I级，(70, 79]划为II级，(65, 70]划为III级，(56, 65]划为IV级。根据残次园林地潜力分级情况，I级和II级潜力的整治必要性较大，此部分园林地综合质量较好，复耕潜力较大，面积为 1510.46hm^2 ，主要分布在平阴县、长清区和济阳区。整治方向应在不影响河道行洪及生态环境的前提下，根据空间集聚性和农民意愿等进行优质地复耕。

3.1.3 建设用地综合整治潜力

根据评价结果，建设用地评价单元综合分值区间的(49, 95]（分值越低，拆迁紧迫程度越高），采用自然断点法将建设用地综合整治潜力分值进行分级划区，其中(49, 65]划为拆迁整治区，面积约为 1185.05hm^2 ，从综合整治的角度看，该区域内村庄应进行拆迁整治，并做好村民的安置保障，同时在尊重农民意愿和保护生态环境的基础上适当新增耕地；(65, 73]划为建设提升区，此部分区域内的村庄以建设提升为主，增加农村基础设施建设，提升农民生活质量，建设宜居的美丽乡村；(73, 95]划为保持现状区，此部分区域内的村庄整体环境较好，在短期内应以保持村庄良好环境为主。

3.1.4 草地综合整治潜力

根据评价结果，草地评价单元综合分值区间为(51, 75]（分值越高土地资源质量越好），采用自然断点法将草地综合分值进行分级，(68, 75]划为I级潜力整治区，(65, 68]划为II级，(59, 65]划为III级，(51, 59]划为IV级。根据潜力分级情况，I级和II级潜力区域的整治潜力较大，此部分草地综合质量较好，面积为 132.78hm^2 ，主要分布在平阴县、长清区和章丘区，重点整治方向应以生态环境保护为重点，根据土地适宜性和周边土地利用情况合理整治，优先向林地等生态价值高的地类转化。

表5 济南市黄河滩区土地综合整治潜力分区情况

单位： hm^2

		行政区						合计	
		槐荫	天桥	历城	长清	章丘	济阳		
耕地	I级	0	188.8	13.62	141.27	2.1	19.18	66.48	431.45
	II级	348.7	107.54	122.42	1827.55	1443.98	396.53	518.86	4765.58
	III级	0	0	78.55	6744.88	867.78	1165.95	4439.04	13296.2
	IV级	0	0	98.15	1687.5	0	582.95	295.14	2663.74
	小计	348.7	296.34	312.74	10401.2	2313.86	2164.62	5319.52	21156.98
建设用地	拆迁整治区	32.6	83.77	45.4	629.86	0	0	393.42	1185.05
	建设提升区	213.35	0	0	815.58	0	0	372.04	1400.97
	保持现状区	39.69	0	0	741.78	0	0	458.21	1239.68
	小计	285.63	83.77	45.4	2187.22	0	0	1223.67	3825.69

		行政区							合计
		槐荫	天桥	历城	长清	章丘	济阳	平阴	
草地	I 级	0	0	10.45	9.44	20.32	0.07	16.45	56.73
	II 级	7.46	0	1.42	24.04	11.41	2.73	28.99	76.05
	III 级	6.76	45.6	6.51	50.01	4.53	1.45	34.33	149.19
	IV 级	2.34	29.51	0	7.24	0	0	1.21	40.3
	小计	16.56	75.1	18.39	90.72	36.27	4.24	80.98	322.26
园林地	I 级	0	0	214.49	7.33	2.59	6.44	230.85	
	II 级	33.57	0.6	52.24	517	26.83	164.43	484.94	1279.61
	III 级	39.58	40.78	5.88	195.37	11.22	335.32	208.35	836.5
	IV 级	26.17	84.34	43.47	6.53	19.69	75.38	53.28	308.86
	优化提升区	4.05	28.41	11.13	602.24	3.69	0	33.63	683.15
	重点保护区	273.54	195.55	396.24	1289.45	435.22	720.77	561.6	3872.37
	小计	376.91	349.67	508.96	2825.08	503.98	1298.49	1348.24	7211.33
总计		1027.79	804.88	885.49	15504.22	2854.11	3467.35	7972.41	32516.25

3.2 碳汇能力测算结果

在注意生态环境保护、河道行洪安全及尊重农民意愿的前提下，优化滩区用地布局，提升耕地、林地质量，并适当增加耕地、林地等生态用地面积。在完成综合整治土地优化布局后，滩区耕地、园林地、草地、建设用地空间布局和面积均进行了相应的调整。综合整治优化布局前滩区耕地面积最大，占四类评价类型总面积的 60.59%；其次为园林地，占四类评价类型总面积的 30.82%；建设用地占四类评价类型总面积的 7.40%；草地等未利用地呈零散分布，面积较小，仅占 1.20%。综合整治优化布局后，在保障滩区耕地面积不降低的前提下增加了林地面积，园林地占比增至 32.90%；建设用地和草地总面积均减少。

根据生态系统类型的植被碳汇能力，可得到济南市黄河滩区土地综合整治区潜力评价与优化布局前后的滩区内各类生态系统的碳汇能力。根据估算，滩区土地综合整治前每年的总固碳量约为 64988.60t。其中，耕地生产的固碳量最多，占总固碳量的 57.00%；园林地的碳汇能力最强，单位面积固碳量最多，园林地的固碳量占总固碳量的 39.75%；草地等其他用地固碳量较少。对滩区进行综合整治适宜性评价及优化布局后，园林地面积增大，固碳量占比提高两个百分点，滩区每年总固碳量为 66116.01t，比整治前增加了 1127.41t。滩区土地综合整治适宜性评价及空间布局优化后不同土地利用类型及植被固碳量如表 6 所示。

表 6 济南市黄河滩区综合整治及空间布局优化前后的不同土地利用类型及固碳量情况

		耕地	园林地	草地	建设用地	总计
整治前	面积/ hm^2	19700.6	10019.98	389.34	2406.33	32516.25
	面积占比/%	60.59	30.82	1.2	7.4	100
	固碳量/ ($t \cdot a^{-1}$)	37041.85	25832.56	413.62	1700.57	64988.60
	固碳量占比/%	57.00	39.75	0.64	2.62	100
整治后	面积/ hm^2	19702.6	10698.2	109.12	2006.33	32516.25
	面积占比/%	60.59	32.90	0.34	6.17	100
	固碳量/ ($t \cdot a^{-1}$)	37045.60	27581.09	115.92	1373.40	66116.01
	固碳量占比/%	56.03	41.72	0.18	2.08	100

4 研究结论与政策建议

4.1 研究结论

在“双碳”目标背景下，全域土地综合整治作为面向乡村振兴、新型城镇化、生态文明建设等重大战略需求的土地整治全新样态，是山水林田湖草沙全要素、全生命周期、全过程的治理模式，在发挥国土空间布局优化作用的同时也对缓解土地利用压力和降低碳排放具有积极作用^[19]。本研究对济南市黄河滩区土地综合整治适宜性进行综合评价，并在此基础上对滩区国土空间进行布局优化，优化后保证了滩区耕地数量不减少，同时适当增加了林地等生态用地面积，滩区生态系统碳汇能力得到有效提升。

济南市黄河滩区综合整治适宜性评价和国土空间优化布局结果显示，综合整治优化布局前滩区耕地面积最大，综合整治优化布局后，在滩区耕地面积不减少的基础上，林地等生态用地面积增加了 678.22hm²，并针对实际对滩区各地类进行空间布局优化；通过对滩区国土空间布局优化前后的生态碳汇测算，在不考虑土地综合整治采用增汇措施的前提下，滩区碳汇能力每年增加了 1127.41t。

目前，由于大部分地区全域土地综合整治试点工作开展时间不长或尚在进行中，本研究仅从理论层面探讨全域土地综合整治对于生态系统减排增汇的贡献，今后仍然需要深入研究综合整治减排增汇核算，提高核算精度。同时，应进一步验证综合整治减排增汇的具体成效，从而提升全域土地综合整治减排增汇路径的可持续性和稳定性，达成综合整治既定目标与减排增汇的协同。

4.2 政策建议

4.2.1 坚持规划引领，做好滩区差异化用途管制和国土空间优化布局

全域土地综合整治和“双碳”目标存在互馈机制和耦合关系，二者相辅相成。济南市黄河滩区兼顾生产生活、生态保护、行洪安全等多重功能，综合整治应当以发展规划为统领，以空间规划为基础，以专项规划、区域规划为支撑，发挥规划对推进黄河流域生态保护和高质量发展的引领和约束作用，严格实行差异化的国土空间用途管制。结合济南市黄河滩区实际情况，因地制宜，根据滩区嫩滩、二滩、高滩三类空间地理分区合理确定滩区综合整治方向，优化滩区国土空间布局。

4.2.2 优化减排增汇路径，做好全域土地综合整治生态化转型

全域土地综合整治各要素相互关联，是一个有机整体，在各类土地整治过程中应做好减排增汇措施，统筹做好滩区耕地、园地、林地、建设用地的布局优化，优化滩区生产、生活、生态空间，达成综合整治既定目标与减排增汇的协同。各要素整治的具体措施包括：

(1) 在建设用地拆迁整治方面，整治过程中应在充分尊重农民意愿的前提下适当增加耕地数量，并注重生态环境保护，做好村民安置等工作，通过农村宅基地复耕复绿，优化住宅、学校、公园、交通等农村基础设施。建筑拆除和建造过程中在保障工程建设质量的基本前提下，最大限度地资源化利用建筑物渣体。加大绿色生态社区建设等新技术推广，采用新

能源、新材料。

(2) 在耕地整治方面，区域耕地整治方向主要为提质改造、退耕还林还湿等，对质量较差的耕地进行提质改造，促进耕地连片性，改良土壤，施用绿肥等有机肥，提高耕种效率和碳汇总量，同时通过秸秆还田提升土壤有机碳含量，降低土壤碳排放。在整治工程实施时减少水泥和砂石等材料的使用，推广使用生态型设施，如生态型沟渠、生态砖、生态型护坡、净化塘、泥结石路面及缓冲带，降低农用地整理过程中产生的碳排放。

(3) 在园林地整治方面，残次园林地综合整治方向应在尊重农民意愿的前提下进行复耕、复绿，对于林地优化提升区，核心在于提升区域植被碳汇功能，增加植被生物量。在考虑生态承载力的基础上，构建乔灌草混交、复层和深浅根搭配的乡土适生植物群落结构，充分利用植被垂直生长空间提升单位面积的植被生物量。在传统的提高植物初级净生产力措施的基础上，通过施用硅肥或硅磷复合肥等含硅肥料和种植竹类等高硅植物等措施，提升陆地生态系统植硅体碳汇潜力。

4.2.3 “综合整治+”的综合整治模式，实现“法护黄河，双碳共赢”

以《中华人民共和国黄河保护法》为准则，实行“治理+保护”的综合整治模式，保护黄河生态环境、粮食安全和行洪安全，按照“区域统筹、分层管理、分类施策、规范有序、因地制宜”的原则开展滩区土地综合整治，统筹田、水、路、林综合治理。

参考文献

- [1] 刘明媛. 乡村振兴导向下全域土地综合整治潜力研究:以桂林市雁山区柘木镇为例[D]. 桂林:桂林理工大学, 2023.
- [2] 吴家龙, 苏少青, 杨远光, 等. 全域土地综合整治调查评估指标体系构建:以广东省为例[J]. 中国国土资源经济, 2022, 35(2): 77-82, 89.
- [3] 向文武. 全域土地综合整治潜力评价与整治模式研究:以乐平市乐港镇为例[D]. 南昌:江西农业大学, 2023.
- [4] 宋鹏伟, 司涛, 陈昊. 乡村振兴背景下全域土地综合整治策略及实施[J]. 农村经济与科技, 2023, 34(10): 40-43.
- [5] 周爱萍, 曹明. 新时代背景下全域土地综合整治思路与对策探析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(21): 13-15.
- [6] 陈实, 李佳佳, 耿虹. 基于“三生空间”协调内涵的乡村土地综合整治策略探析:以宣城市为例[J]. 小城镇建设, 2020, 38(11): 47-55.
- [7] 吕天宇, 曾晨, 岳文泽. “双碳”目标背景下全域土地综合整治减排增汇的机理与路径研究[J]. 中国土地科学, 2022, 36(11): 13-23.
- [8] 李寒冰, 金晓斌, 韩博, 等. “双碳”目标下全域土地综合整治的学理研究与实践路径[J]. 地理研究, 2022, 41(12): 3164-3182.
- [9] 张利国, 王占岐, 李冰清. 湖北省土地整治项目碳效应核算及其分析[J]. 自然资源学报, 2018, 33(11): 2006-2019.

- [10] 吴家龙, 苏梦园, 苏少青, 等. “双碳”目标下全域土地综合整治路径探究[J]. 中国国土资源经济, 2021, 34(12):77-83.
- [11] 王琦, 赵志平, 韩煜, 等. 基于土地利用生态适宜性评价的县域工业布局、结构优化研究:以河北省赞皇县为例[J]. 生态经济. 2017, 33(11):182-186.
- [12] 曾敏. 县域土地利用生态适宜性评价研究:以嘉禾县为例[D]. 长沙:湖南农业大学, 2014.
- [13] 吴家龙, 苏少青. 基于国土空间生态修复效果评价中亲民指标的几点思考[J]. 广东土地科学, 2020, 19(6):43-48.
- [14] 罗勇华, 杨远光, 曹迎迎, 等. 广东省全域土地综合整治优化国土空间格局潜力评价[J]. 南方农业, 2023, 17(22):1-6, 11.
- [15] 刘巧芹, 张敬波, 阮松涛, 等. 我国农用地整治潜力评价的研究进展及展望[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2):327-332.
- [16] 李向, 胡业翠. 我国农村建设用地整治潜力分区与实现路径研究[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(2):69-78.
- [17] 李晓雪, 薛继斌. 土地整治中农村建设用地整治潜力测算的探讨[J]. 经济研究导刊, 2013(12):44-45.
- [18] 李金融, 姚丽. 基于“双碳”目标的全域土地综合整治碳汇能力研究:以山东省庆云县尚堂镇为例[C]//《规划师》杂志社. 夯实数据底座·做强创新引擎·赋能多维场景:2022年中国城市规划信息化年会论文集. 南宁:广西科学技术出版社, 2022:223-230.
- [19] 梁东, 于学峰, 徐国强, 等. 黄河流域生态保护高质量发展背景下全域土地综合整治规范化助力乡村振兴路径探索[J]. 山东国土资源, 2023, 39(11):78-82.

