

黄河流域高质量发展的生态保护 与国土空间利用策略

王 静¹, 刘晶晶², 宋子秋³, 黄隆杨², 方 莹², 李泽慧²

(1. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079;

3. 烟台市自然资源与规划局土地利用规划站, 烟台 264003)

摘要: 研究面向黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间利用策略, 对推进黄河流域生态文明建设和促进全国区域平衡发展具有重要现实意义。以高质量发展为导向, 基于“压力—状态—响应”关系, 提出黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间利用策略研究框架; 分析黄河流域城镇化发展压力带来的土地开垦、生态退耕和建设占用等生态建设与土地开发行为, 及其对国土空间格局和生态系统的影响; 并从国土空间开发利用限制和资源环境承载能力的视角揭示了黄河流域生态保护、农业生产与国土空间开发的限制性差异; 根据目前黄河流域存在的突出问题和独特的“自然—人文”特征, 提出面向黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间利用策略; 实施黄河流域“水资源保护—绿色发展—文化传承”建设协同发展战略, 开展黄河流域国家自然保护区保护、生态基础设施网络建设、绿色产业发展与特色文化传承战略部署, 并制订相关引导政策与保障措施, 为黄河流域高质量发展提供支撑保障。

关键词: 黄河流域; 策略响应; 高质量发展; 生态保护; 国土空间优化

黄河流域作为一个特殊的地理单元, 跨越了中国三大阶梯和东中西部三大经济地带, 既构成中国重要的生态屏障, 也是中国打赢脱贫攻坚战的重要区域。大面积集中连片的耕地、丰富的土地资源和能源供应、鲜明独特的文化资源等是其高质量发展的有利条件。黄河流域是中国典型的生态脆弱区和贫困区, 其流经的黄土高原是世界上水土流失面积最大的区域, 中上游地区贫困现象普遍且人口众多^[1]。生态本底脆弱、自然资源禀赋限制明显和水资源严重短缺等问题是黄河流域发展面临的重要短板, 长期经济发展需求与粗放发展模式下的人地矛盾是黄河流域发展问题的本质^[2]。生态退耕政策的推行和实施, 缓解了黄河流域的水土流失, 但对经济却产生了一定程度的负面影响^[3]。随着中国西部大开发和中部崛起等国家战略的实施, 黄河流域工业发展迅速增长, 经济得到快速发展^[4], 但随之产生的是资源耗竭、生态破坏和环境污染等问题^[5]。当前, 随着人口激增、经济活动不断扩大和城市化快速发展, 黄河流域人口、资源、环境与经济发展失衡, 可持续减贫和高质量发展成为黄河流域亟待解决的重大挑战^[6], 黄河流域生态保护和高质量发展因而上升为国家重大战略。

人地关系的协调与否直接关系黄河流域发展质量与趋向^[7]。黄河流域脆弱的自然生态在长期开发建设活动影响下更为敏感, 草地退化导致了上游地区水源涵养功能的下降, 中游地区依然存在着较为严重的水土流失问题, 下游地区生态治理与居民生活和经

收稿日期: 2021-08-16; 修订日期: 2022-04-07

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41871203)

作者简介: 王静 (1966-), 女, 浙江天台人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地资源可持续利用与生态系统管理。E-mail: wangjing-bnu@bnu.edu.cn

济发展之间的矛盾也日益严峻。国土空间作为承载国民生存和发展的空间,其有序开发和宜居环境的营造是实现区域可持续发展和建设生态文明的客观需要^[8]。科学合理的国土开发和利用策略是高质量发展的重要导向,只有在资源环境承载力的范围内开发利用国土空间,才能实现绿色可持续发展^[9,10]。当前研究已经探讨了单一地类的利用策略^[11]和单一视角下的土地利用策略^[12],以及生态系统服务之间关系和驱动力视角下土地利用建议和管理重点^[13]。黄河流域作为一个在边界范围内逐步发展而成的自然—社会—经济复合系统^[5],其国土空间利用策略要从多视角多维度进行综合考虑和系统协调。同时,其不同区段在地理环境、资源禀赋和社会经济发展及文化传统等方面都存在显著的空间差异和发展不均衡^[5],高质量发展策略要明确其上中下游的治理需求差异,针对不同区域的自然和人文特征制订不同的发展方向和策略。

生态系统保护是黄河流域高质量发展的基础与前提,黄河流域的复杂系统特征决定了其生态保护不能单就水论水,而是要与整体国土空间利用和产业发展相互配合。学术界有关黄河流域自然资源和生态系统保护以及人地关系协调方面的探讨,已经从关注流域突出的水资源问题如水资源演化^[14,15]和水资源承载力^[16-18]、土地利用格局及驱动力^[19-21]、产业发展和经济发展^[22,23]等,扩展到流域生态系统服务和驱动力^[24,25]与生态系统服务供需核算^[26],以及流域综合治理^[27]和主体功能优化^[28]等方面。随着黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家重大战略,许多学者进一步对黄河流域的高质量发展与生态保护^[29,30]及其关键和路径^[7,31,32]等开展研究,揭示了黄河流域的发展态势。但是,高质量发展下的生态系统保护和国土空间可持续利用涉及多学科知识,深入揭示人与自然相互作用关系等科学问题需要综合集成和多学科交叉研究。从多学科综合维度深入剖析黄河流域发展现状和问题,在揭示人类活动对流域生态系统的影响机制的基础上提出流域生态保护与国土空间利用策略,亟待进一步深入。

面临国家生态文明建设战略和高质量发展需求,本文从地理学、生态学、区域经济学等维度科学认知黄河流域现状和资源环境限制,构建黄河流域生态保护与国土空间利用策略研究框架;基于理论研究框架,分析黄河流域国土空间格局时空演变规律,探讨黄河流域城镇化、土地开垦、生态退耕等人类活动对生态系统的影响,诊断和识别黄河流域国土空间利用和生态系统保护问题;分析黄河流域国土空间开发利用的水资源限制、地质环境限制及资源环境承载力,明确黄河流域不同地区的发展限制,提出面向黄河流域高质量发展的生态系统保护与国土空间开发利用策略和政策建议。以丰富横跨中国不同经济地带大型流域人与自然相互作用关系的科学问题研究,为推动黄河流域高质量发展提供理论支撑和决策依据,亦对推进黄河流域生态文明建设和促进全国区域平衡发展具有重要现实意义。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究区概况

黄河是中华民族的母亲河,流经中国9个省区,跨越了中国地势的第一阶梯、第二阶梯和第三阶梯,链接东部与西部,各区段的自然限制和经济基础差异明显。本文参考水利部黄河水利委员会划定的自然流域,以2012年县级行政区划,确定黄河流域包括362个县级行政单元范围,总面积为120万km²(图1)。黄河流域生态环境脆弱且经济发

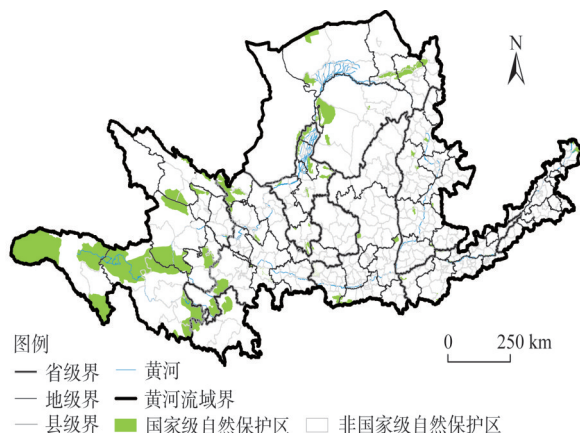


图1 黄河流域所涉及的县域范围及基本概况

Fig. 1 The scope and basic overview of counties involved in the Yellow River Basin

展水平较低，自然保护区和贫困县广泛分布，根据其区域特征，将黄河流域划分为沿河县域、自然保护区县域、沿河自然保护区县域和其他县域四类区域^[26]。

1.2 数据来源与处理

根据 Wang 等^[33]的研究，将不同土地利用类型依次归类为生态空间、农业空间、城镇空间。2000 年和 2018 年分县域城镇用地、农村居民点用地、有林地和天然草地、耕地等土地利用数据来源于原国土资源部土地利用年度变更调查，由此计算各类土地利用类型占行政单元总面积的比例；黄河流域新增耕地数据来自参考文献 [26]。植被归一化指数 (NDVI) 数据由 Landsat 8 遥感数据计算获取；降水和农业生产潜力数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心 (<http://www.resdc.cn/>)；2020 年夜间灯光数据来源于 NOAA/NGDC 的 Earth Observation Group (<https://eogdata.mines.edu/>)。分区 (县) GDP、人口数据等来源于黄河流域所在县市统计年鉴；三级流域水资源空间分布、各地区地下水资源空间分布、地面沉降及地质灾害易发程度区划来源于中国地质调查局地质调查成果和中国地质云图件；PM_{2.5} 浓度空间分布数据源于美国国家航空航天局 (NASA) 社会经济数据和应用中心 (SEDAC) 网站 (<https://sedac.ciesin.columbia.edu/>) 下载；生态系统服务供给和需求数据来源于本团队相关研究成果^[34]。

1.3 研究方法

1.3.1 研究框架

高质量发展的核心即把握好生态环境保护和经济发展的关系，生态系统保护是黄河流域高质量发展的基础与前提，人地关系协调直接关系到黄河流域发展质量。为了满足生存和发展需要，人类各种开发活动对生态系统造成干扰和破坏，资源环境承载能力的空间差异及其变化反过来影响生态系统状况和人类行动决策；人类进而通过制定发展策略和政策来响应压力并影响人类行动，以降低和补救由压力造成的环境破坏与损失，最终构成了“压力—状态—响应”的循环关系。

黄河流域高质量发展策略研究即科学认知黄河流域的发展现状和压力，分析不同压力影响下的国土空间格局演变和生态系统状况，诊断和识别黄河流域发展问题，以此提

出合理的应对解决策略和政策建议。黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间利用策略研究框架见图2。在分析黄河流域城镇化发展等压力导致的土地开发和生态建设等行动的基础上，综合考虑国土空间开发利用的水资源限制、地质环境限制等资源环境限制，以及大气环境、生境风险等环境影响风险，结合生态系统服务供给等生态支撑条件，科学认知黄河流域生态系统的本底条件，定量测度区域发展限制性因子和资源环境承载能力。同时，针对黄河流域生态空间、农业空间和城镇空间演变特征和生态系统保护现状，分析城镇化发展、土地开发、生态建设等压力和人类活动对国土空间格局和生态系统的影响，揭示人类活动对流域生态系统保护的影响机制，科学诊断识别国土空间利用和生态系统保护的问题。基于上述研究，针对不同类型问题，从农业空间利用与保护、城镇空间优化与发展以及生态空间保护三个方面，提出面向黄河流域高质量发展的生态系统保护与国土空间开发利用策略和政策建议。

1.3.2 空间相关性分析

本文借助双变量局部Moran's *I*指数^[35]来分析新增耕地面积与其带来的生产潜力变化和NDVI变化之间的空间关系，以及农业空间占比与生产潜力之间的空间相关性，把握它们之间的集聚与分异特征。

1.3.3 核密度分析

核密度分析能有效测度局部密度变化和探索空间热点，较好地反映地理现象在空间

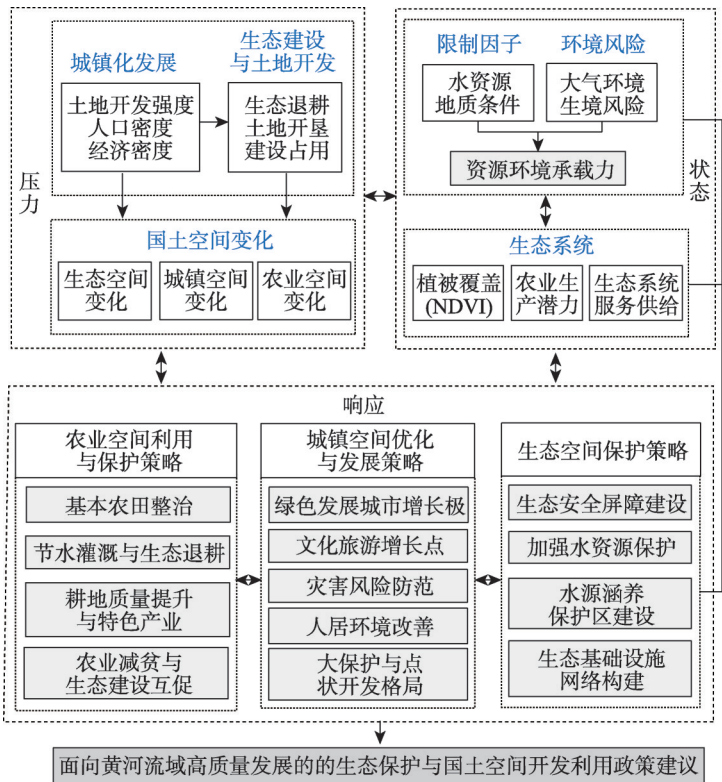


图2 黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间利用策略研究理论框架

Fig. 2 A theoretical framework of the strategies of ecosystem protection and territory spatial utilization for high-quality development in the Yellow River Basin

上的距离衰减，通常采用 Rosenblatt-Parzen 核估计^[36]。在 ArcGIS 10.4 中选取默认带宽，对黄河流域土地开发强度进行核密度分析，以直观获取其聚集或离散等空间分布特征。

1.3.4 生态系统服务供给与生境风险指数测算

生态系统服务供给指数的测算是参考王静等^[33,34]的研究成果。面向供给服务、调节服务和支持服务三大类别和包括食品生产、气候调节、水源涵养及土壤保持等 13 个子类别的生态系统服务类型，基于气候、水文水资源、地形、土壤、生物和社会经济等评估因子指标计算黄河流域县域单位面积生态系统服务供给指数。生境风险能够反映人类活动对生态系统的干扰和影响，采用 InVSET 生境风险评估模型（Habitat Risk Assessment Model）计算黄河流域生境风险指数。

1.3.5 资源环境承载力评价

资源环境承载力能够直接反映区域的资源环境系统所对人类活动的承受能力。基于王静等^[37]的研究成果建立资源环境承载力评价逻辑框架与模型，综合考虑资源环境开发利用的地质环境限制性、水资源限制性等资源环境禀赋，以及环境影响风险和生态系统支撑条件（表 1），采用多指标集合度量测算方法，测算黄河流域国土空间开发利用的资源环境承载力指数。地质环境限制和水资源限制根据自然断点法划分为四级，分别为无限制、低限制、中限制和高限制。

表 1 资源环境综合限制性指数测算指标
Table 1 Measurement index of resources-environment limiting factors

目标层	准则层	指标名称
资源环境禀赋	水资源限制性	三级流域地表水资源分布、地下水资源分布
	地质灾害限制性	地面沉降、地质灾害易发程度区划
环境影响风险	大气环境生态系统风险	单位 GDP 的大气 PM _{2.5} 环境容量生境风险指数
生态系统支撑条件	生态系统服务供给	生态系统服务供给指数

1.3.6 生态基础设施网络体系构建

基于团队相关研究^[38]，采用 InVSET 的生境质量模型（Habitat Quality Model）计算黄河流域生境质量指数。综合生境质量指数和生境风险指数，识别生态源地，构建包含显性阻力面和隐性阻力面的综合生态阻力面，基于生态源地与生态阻力面，借助 Circuitscape 插件中的 Linkage-Mapper 模块构建生态廊道，并构建黄河流域生态基础设施网络体系。

2 结果分析

2.1 黄河流域国土空间格局与资源环境限制性

2.1.1 黄河流域城镇化发展与国土空间格局时空演变

受自然条件影响，黄河流域社会经济沿河发展，沿河县域占流域 14.13% 的土地承载了 39% 的人口和 38% 的 GDP，城镇空间呈沿河走向的条带状分布（图 3）。夜间灯光数据反映人类活动的强度，黄河流域人类活动强度和城镇发展与人口密度、经济密度、土地开发强度以及基础设施和公共服务的空间分布一致（图 4）。随着中国西部大开发和中部崛起等国家战略实施，国土空间开发向中西部倾斜，黄河流域土地开发强度由 2000 年下游的单核心发展为 2010 年和 2018 年的多核心，且均呈现沿河分布特征（图 5），这就决定

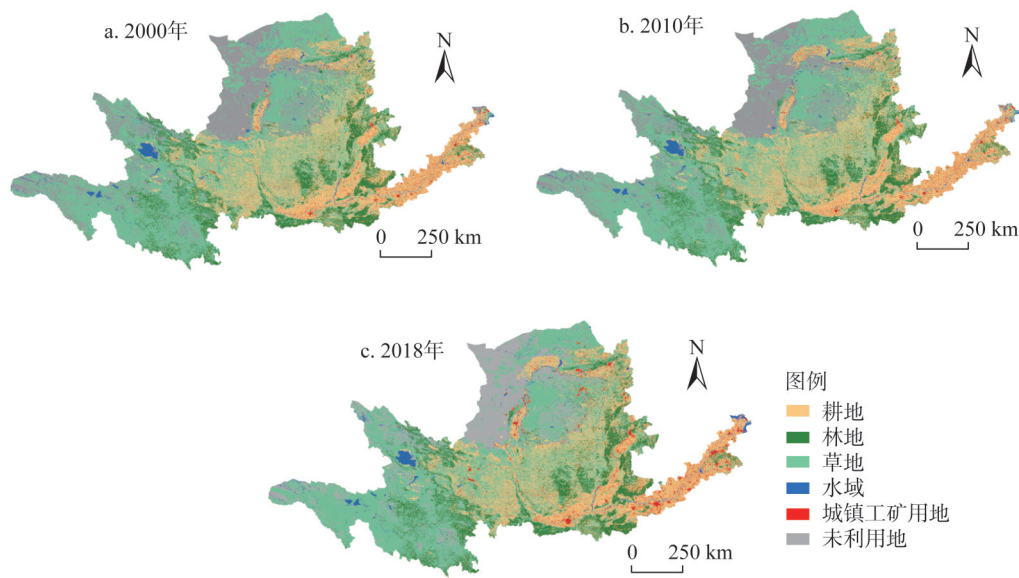


图3 2000年、2010年和2018年黄河流域土地利用
Fig. 3 Land use of the Yellow River Basin in 2000, 2010 and 2018

了其国土空间开发应当通过点状开发，以核心城市群带动周边区域发展。而且，黄河上游是中国重要的生态屏障带，分布有56个国家级自然保护区，涉及县域面积占流域土地总面积的61%，但仅承载20%左右的人口和GDP，生态脆弱性和重要性决定了生态保护在黄河流域国土空间开发和利用中的重要意义。此外，截至2019年黄河流域仍有62个贫困县未脱贫，占全流域面积的55%，且集中于自然保护区范围，发展水平和质量亟需提升，探索生态保护与经济建设协调的发展路径是黄河流域高质量发展的关键。

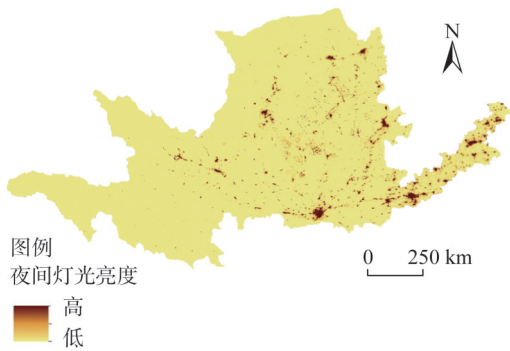


图4 2020年黄河流域夜间灯光亮度
Fig. 4 Night light of the Yellow River Basin in 2020

快速城镇化发展导致黄河流域国土空间格局变化剧烈，2000—2018年耕地整体减少，下游及沿河地区建设用地增加明显。2000—2018年黄河流域城镇用地比例从0.27%增加到1.02%，面积增长89.35万hm²，农村居民点比例由1.89%上升到2.07%；林地和草地是黄河流域主要的生态空间，林地集中分布于中下游的太行山脉、汾河和渭河流域等地，天然草地广泛分布于三江源地区、内蒙古高原和黄土高原，2000—2018年有林地增加了171.14万hm²，天然草地减少1317.87万hm²；耕地是黄河流域主要的农业空间，主要分布中上游南部和下游地区，与城镇发展趋势一致，反映了黄河流域作为中国农业经济开发地区的特征，2000—2018年耕地面积净减少80.2万hm²。从不同区域来看（表2），沿河区域的城镇用地比例和居民点用地比例高于流域平均水平且增幅明显，是流域城镇用地和农村居民点主要的增加来源；自然保护区所在县域2000—2018年天然草地比例从

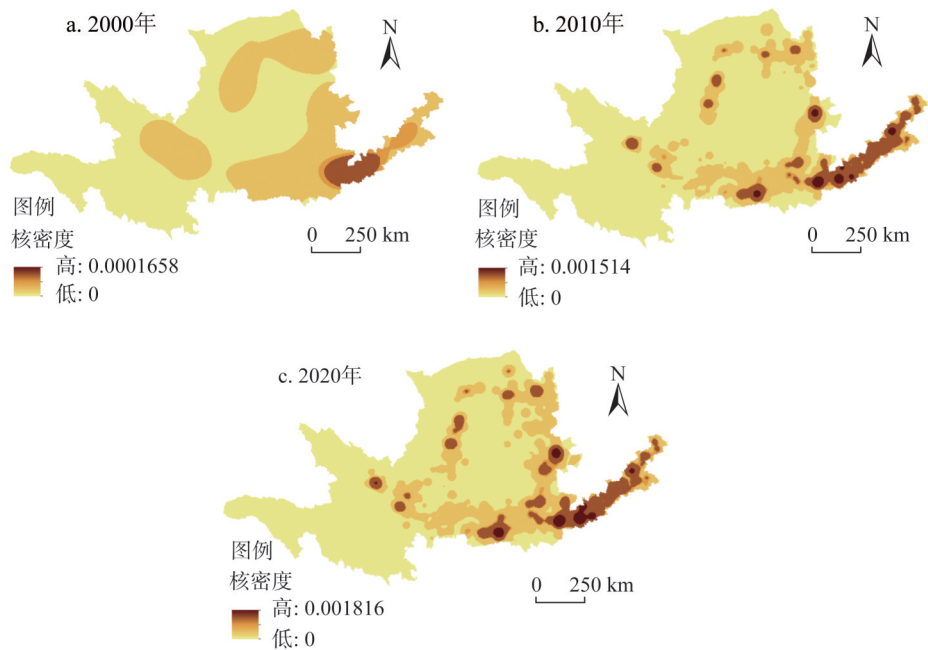


图5 2000年、2010年和2018年黄河流域土地开发强度核密度

Fig. 5 The kernel density estimation of land development intensity in the Yellow River Basin in 2000, 2010 and 2018

表2 2000—2018年黄河流域不同区域城镇用地、农村居民点、耕地、有林地和天然草地比例变化

Table 2 Changes in the proportion of urban land, rural residential areas, cultivated land, forest land and natural grassland in different regions of the Yellow River Basin from 2000 to 2018 (%)

分区	流域占比	城镇用地比例			农村居民点比例			耕地比例			有林地比例			天然草地比例		
		2000年	2018年	变化量	2000年	2018年	变化量	2000年	2018年	变化量	2000年	2018年	变化量	2000年	2018年	变化量
沿河县域	14.13	0.79	2.98	2.19	4.69	5.29	0.60	35.52	32.81	-2.71	6.90	10.21	3.31	18.32	11.40	-6.92
沿河自然保护区县域	4.41	0.47	2.25	1.78	2.89	3.26	0.37	22.82	18.75	-4.07	11.8	6.69	-5.11	25.91	22.98	-2.93
自然保护区县域	42.91	0.13	0.60	0.47	0.85	1.04	0.19	8.29	8.03	-0.26	5.70	6.86	1.16	58.17	48.46	-9.71
其他县域	43.35	0.26	0.94	0.68	2.14	2.29	0.15	20.65	18.08	-2.57	9.20	11.26	2.06	40.37	33.01	-7.36
黄河流域	100.00	0.27	1.02	0.75	1.89	2.07	0.18	16.23	15.21	-1.02	7.33	9.08	1.75	45.70	37.59	-8.11

58.17%下降到48.46%，草地生态系统退化严重，有林地的增速较慢；沿河自然保护区县域和沿河县域耕地比例减幅最大，以建设占用和生态退耕为主。黄河流域建设用地快速扩张和耕地及生态用地的减少与退化很大程度上威胁着流域的可持续发展，国土空间利用格局亟需优化。

从主要地类变化与社会经济的关系来看（图6），黄河流域的社会经济发展影响着耕地变化，2000—2018年经济密度、人口密度、城镇用地比例和农村居民点比例高值区的耕地比例增幅最大。同时，城镇用地比例高值区的有林地比例和天然草地比例的大幅减少，城镇扩张是黄河流域生态空间减少的重要原因；有林地比例增幅最大区域为经济密度、人口密度和城镇用地比例较低区域，而非最低区域，与具有一定水平农村居民点区

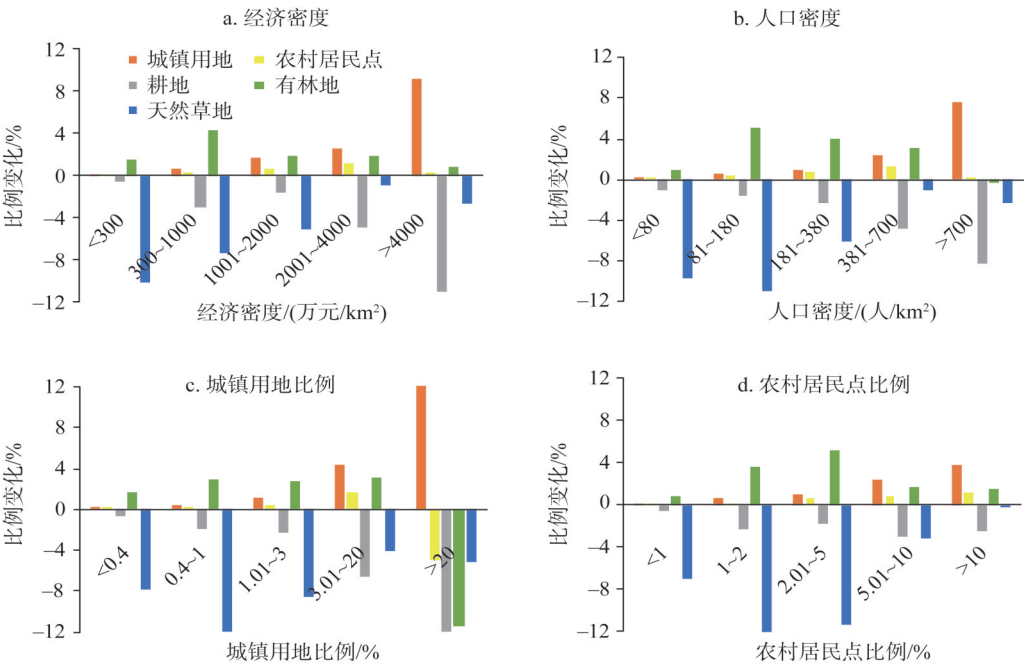


图6 2018年黄河流域不同经济密度、人口密度、城镇用地和农村居民点比例下的各类用地比例变化
Fig. 6 Changes in the proportion of various land types under different economic densities, population densities, the proportion of urban land and rural residential areas in the Yellow River Basin in 2018

域保持一致，可能与此区域坡耕地退耕还林实施有关；天然草地减幅最大区域为人口密度、城镇用地和农村居民点用地比例较低区域，可能与耕地开垦和天然草地退化相关。根据以上分析，可以确定黄河流域国土空间利用与经济发展密切相关，且经济发展与生态保护严重失调。

2.1.2 黄河流域生态建设与土地开发效应

黄河流域生态系统脆弱，土地开垦长期受到关注。20世纪80年代中期随着土地家庭承包制度的完善，黄河流域草地开垦为新的沙漠化留下隐患。随着国家对北方地区防沙治沙、水土流失治理生态建设工程的实施，天然草地保护和不合理土地开垦控制取得成效。2000—2018年黄河流域新开垦耕地主要分布在降水增加地区，主要来源于未利用地和草地，带来的耕地增加占耕地总面积1.52%，但仅15%的农业生产潜力高于区域平均水平，且主要分布在沿河县域（图7）。新开垦耕地与生产潜力在下游地区呈现大面积低—高集聚和小面积的高—高集聚；中游鄂尔多斯高原地区主要为高一低集聚，自然条件限制使得该地区耕地开垦带来的生产潜力增加十分有限；上游地区由于自然气候和生态保护限制，主要是低—低集聚（图8a）。2000—2018年新开垦耕地区域的NDVI增加了0.12，生态系统服务供给指数增加了2.51（表3），开垦面积与NDVI变化在降水稍多的黄土高原南部和秦岭北坡等地呈现高一高集聚和高一低集聚分布（图8b），说明开垦耕地在该区对植被覆盖的改善作用明显。总体来看，水资源对黄河流域农业发展的限制十分明显，靠开垦耕地增加粮食生产潜力对大部分地区的作用不大。

生态退耕导致的耕地减少占耕地总面积的1.8%，退耕还林还草使得黄河流域中部黄土高原地区以及上游自然保护区所在贫困县域的新增林地和草地占比高于其他区域，分

别占区域土地总面积的6.95%和17.98%，NDVI增加了0.10，生态系统服务供给指数也有所提高。但其人口和经济密度增加均有限，退耕还林还草的经济效果有待提升。此外，退耕还林还草虽然导致耕地减少，但耕地生产潜力却增加了1.7万t，这是由于生态退耕主要针对质量较差耕地，退耕有效地恢复植被的同时，也增强了土壤侵蚀抵抗力。对比土地开垦对生产潜力的影响，可以看出提高耕地质量的重要性。

建设占用是黄河流域尤其是下游地区耕地和生态用地减少的重要原因，城市扩张造成的耕地减少达43.3万hm²，占城市扩张来源总面积的59%，这也是导致2000—2018年下游农业生产潜力下降重要原因。同时，城镇扩张很大程度上导致了生态空间的减少，威胁生态系统健康，2000—2018年城镇空间增长率高的地区与NDVI和生态系统服务供给减少区域在空间分布上一致。中上游地区建设用地增加导致了部分

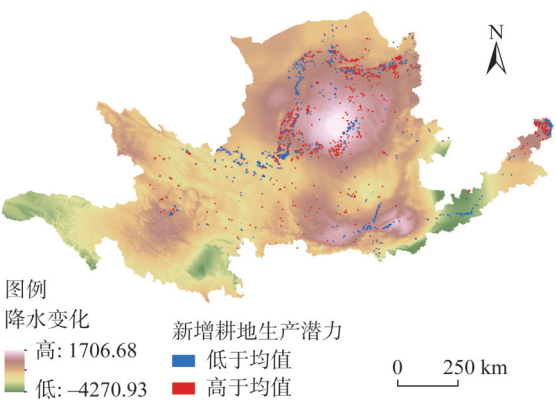


图7 2000—2018年黄河流域新开垦耕地的农业生产潜力与降水变化空间分布

Fig. 7 The spatial distribution of agricultural production potential and precipitation changes of reclaimed cultivated land in the Yellow River Basin from 2000 to 2018

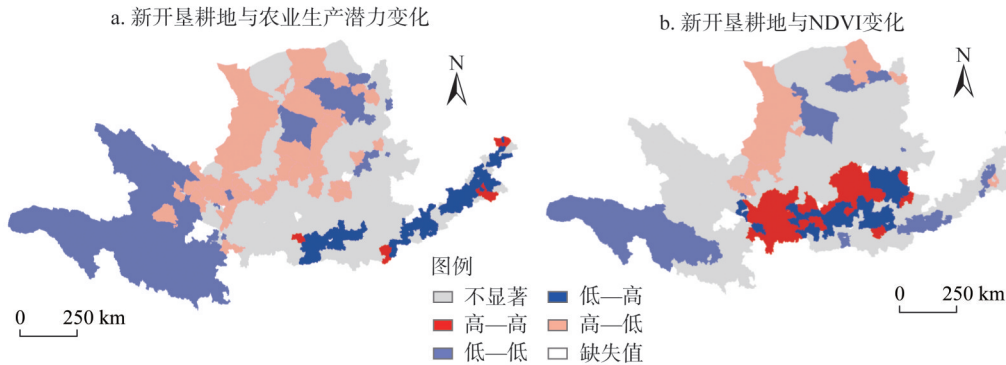


图8 2000—2018年黄河流域新开垦耕地与农业生产潜力变化和NDVI变化的LISA分布

Fig. 8 LISA cluster map of reclaimed cultivated land and changes in agricultural production potential and NDVI in the Yellow River Basin from 2000 to 2018

表3 2000—2018年黄河流域不同区域NDVI和生态系统服务供给变化

Table 3 NDVI and the supply of ecosystem services in different regions of the Yellow River Basin from 2000 to 2018

分区	NDVI		生态系统服务供给	
	变化量	年增长率/%	变化量	年增长率/%
退耕还林还草区	0.10	1.37	0.03	0.01
新开垦耕地地区	0.12	1.80	2.51	0.61
新增建设用地区	-0.06	-0.95	-1.89	-0.42
全域	0.05	0.66	-3.88	-0.82

重点生态功能区和自然保护区天然草地大幅减少，水源涵养功能降低，珍稀濒危野生动植物栖息地破碎；下游地区过度开发建设导致水生态系统退化，带来洪水泛滥、湖泊湿地萎缩、生物多样性下降等问题。城镇空间扩张导致的土地利用剧烈变化，进一步加剧了生态功能退化和生态与经济失调。

2.1.3 黄河流域资源环境限制与承载能力

水资源是黄河流域生态保护和高质量发展的核心要素。黄河流域水资源匮乏，地表水和地下水资源在全国均属于较缺乏和严重缺乏区域，整个流域的水资源开发利用主要为高限制和中限制，仅南部小范围为低限制和无限限制（图9a）。黄土高原作为中国最大的生态脆弱地区和全球最严重的水土流失区域之一，地质环境条件以高限制为主（图9b），且资源环境承载能力低（图10），是黄河流域高质量发展需重点关注的区域。黄河流域生态系统服务供给整体水平较低^[34]，供需局部失衡，尤其是自然保护区所在县域，虽然其生态系统服务供给水平较高，但是由于国土空间开发限制使得经济发展水平较低^[26]。而生态系统服务需求较高的下游和一些沿河县域，随着经济快速发展，城镇发展规模和空间布局与自然环境承载能力之间矛盾越来越突出。识别出黄河流域的发展限制，进而因地制宜地选择发展方式和生活方式，是缓解经济发展和生态保护矛盾关系的重要一步。

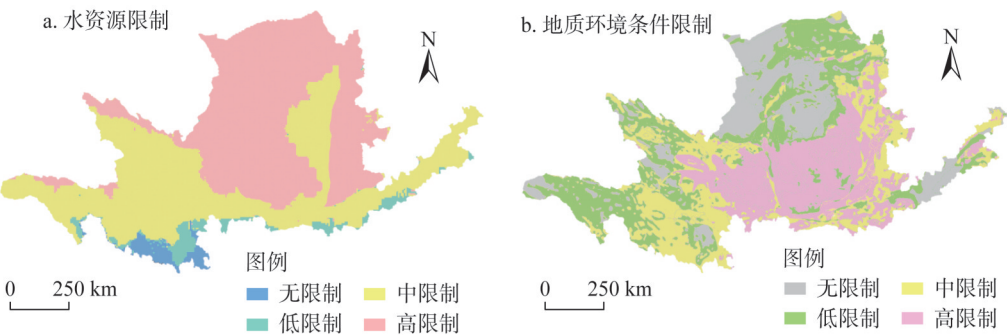


图9 黄河流域国土空间开发利用水资源限制和地质环境条件限制

Fig. 9 Water resources restriction and geological environment condition restriction in the development and utilization of territorial space in the Yellow River Basin

作为中国传统的农区，黄河流域种植业和畜牧业规模庞大，但现代化程度不高且区域差异明显。黄河流域的降水对农业生产潜力具有极大影响，农业生产潜力较高的区域与农业空间比例、人口密度分布具有较强的空间一致性（图11）。下游华北平原气候与地理条件优越，农业空间占比与农业生产潜力呈现高一高集聚分布，是重要的粮食生产基地；中上游地区主要以低—低集聚分布为主，自然条件限制了农业发展，但是畜牧业较发达，农牧产品优势突出，生产和发展潜力巨大。到目前为止，黄河流域的耕地依然以发挥其基本的粮食生产功能为主。作为黄河流域的优势资源，耕地的多功能性和农牧业的巨大潜力应当得到充分发挥。认清黄河流域耕地利用和农牧业发展存在的问题并加以改善和优化，对黄河流域的高质量发展和全国的粮食安全意义重大。

黄河流域能源丰富，如上游的水能和风能、中游的煤炭以及下游的天然气和石油资源。但目前其能矿资源的开发还是以资源开采与初级加工为主，发展规模和污染控制都有待提高，中游晋陕蒙地区的矿山地质环境问题影响着人居环境和城市发展，工矿废弃

地和采煤沉陷区都有待治理。流域目前产业结构以能源重化工为主,经济发展对资源型产业的依赖过高,严重制约了经济发展质量并威胁着流域生态安全。此外,黄河沿线的陕西、山西等是中华民族及华夏文化的重要发源地和多民族融合的主要区域,孕育着中华文明,在传承和文明进步方面发挥着重要作用,但目前其人文景观和文化资源优势发挥并不明显。摒弃靠资源开发和建设扩张的发展道路,充分发挥其人文资源优势,确立绿色发展路径和新的支撑点才是黄河流域未来的发展方向。

2.2 面向黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间开发利用策略

针对黄河流域水资源限制、生态系统保护和建设薄弱、城镇空间发展定位有待优化、农业空间利用效率不高问题,提出面向黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间开发利用策略。

2.2.1 黄河流域城镇空间优化与发展策略

黄河流域高质量发展不仅要关注生态效益,也需要加强对社会和经济效益的关注,实现自然资源保护与经济建设协同发展。针对发展质量不高、城镇空间扩张过快等问题,首先要加强建设用地节约集约利用,严格控制建设用地扩张。其次,摒弃过去城市发展的梯度转移路径和高耗能、高污染产业的规模发展模式,加快产业结构调整和优化,推动形成绿色发展方式和生活方式。还要突出其独特自然—人文优势,以中原城市群为核心增长极,以兰西、呼包鄂榆等城市群为新兴增长极,传承区域本土历史文化名城名镇名村和传统村落保护,融合发展生态旅游、文化旅游、红色旅游与文化创意等,完善旅游服务设施,打造黄河流域生态文化旅游增长点。同时,针对黄土高原发展限制大和资源环境承载低等问题,加强黄土高原水土流失与地质灾害防治,以水定城、以水定人,统筹推进山水林田湖草系统治理、环境整治与美丽城乡建设,促进灾害风险防范与人居环境改善,形成大保护与点状开发格局。

2.2.2 黄河流域生态空间保护策略

黄河流域生态退耕生态成效明显,但水资源匮乏,存在局部地区天然草地减少和生态系统退化等问题。通过强化三江源草原草甸湿地生态功能区、甘南黄河重要水源补给

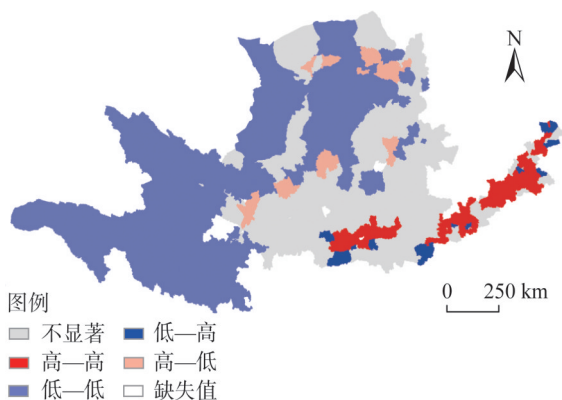


图10 黄河流域资源环境承载力评价

Fig. 10 Evaluation of resource and environmental carrying capacity of the Yellow River Basin

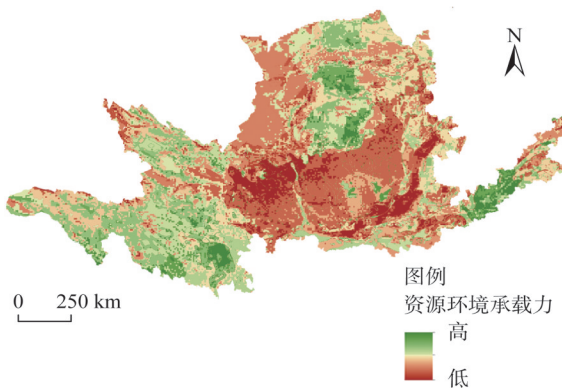


图11 黄河流域农业空间占比与农业生产潜力LISA分布

Fig. 11 LISA cluster of agricultural land space proportion and production potential in the Yellow River Basin

生态功能区、黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区等国家重要生态功能区及黄河水系保护和生态修复，科学合理调控水资源和水沙关系；实施水资源与生态安全屏障保护和修复工程建设，恢复长城沿线防风固沙林草植被，提升森林、草原、湿地等水源涵养和水土保持功能；稳步推进中上游尤其是黄土高原地区的生态退耕工程，控制无序开荒增地，加大力度防治天然草地荒漠化；严格保护黄河流域集中分布的56个国家自然保护区，将国家自然保护区和生态系统完整性和原真性高、代表性强的自然地理区域作为生态源地和生态廊道，以黄河支流次支流等为骨架，构建黄河流域生态基础设施网络（图12），形成以水资源保护为核心、以生态基础设施保护修复为主体的可持续生态系统管理模式。

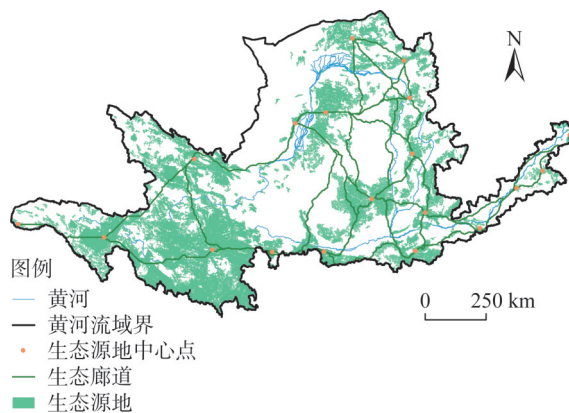


图12 黄河流域生态基础设施网络体系

Fig. 12 Ecological infrastructure network system of the Yellow River Basin

2.2.3 黄河流域农业空间利用与保护策略

黄河流域耕地生产潜力整体较低且建设占用耕地严重，存在农业空间利用效率不高且耕地利用功能单一等问题。在推行生态退耕政策的同时，要兼顾耕地保护和质量提高。通过基本农田整治改善农业生产条件，提高农业生产能力，促进农业多功能利用，在保障粮食安全的同时，提高农业空间的生态调节功能。当前黄河流域脱贫攻坚战虽已取得全面胜利，但农民人均收入仍较低^[39]，加快欠发达地区的发展是促进黄河流域高质量发展的难点^[40]。重点优化农业空间布局，强化下游盐碱地与中低产田改造，充分发挥耕地资源和农业基础优势，通过布局特色农业产业和大力发展节水高效农业、生态农牧业农业，将生态产品优势转化为经济产品优势，形成区域特色产业链，充分挖掘黄河流域农产品和畜产品生产和发展潜力。同时，配套实施特色产业扶贫、旅游扶贫，改善贫困乡村生产生活条件，以农业产业发展促生态建设和扶贫减贫。

3 结论与建议

3.1 结论

本文基于“压力—状态—响应”关系建立了黄河流域高质量发展的生态保护与国土空间利用策略研究框架，诊断和识别出黄河流域在资源环境利用方面，存在地质环境和水资源限制程度高、文化资源优势未能发挥等问题；在城镇空间发展方面，局部地区城镇化发展快速但生态保护和建设不足，流域经济发展不平衡和生态环境脆弱导致部分地区生态系统服务供需失衡；在生态空间保护方面，生态退耕效益明显，但草地生态系统退化严重，自然保护区和生态功能重要区需加强保护；在农业空间利用方面，存在农业生产潜力和现代化程度不高，且耕地多功能利用不足等问题，农业减贫及生态调节功能

有待加强。针对以上问题,从三类空间利用角度提出了相应的优化和保护策略。

3.2 建议

在黄河流域各类空间保护和优化策略的基础上,应当科学制订黄河流域国土空间规划,与国家、区域相关规划有机衔接,突出规划先行和引领作用。进一步实施黄河流域“水资源保护—绿色发展—文化遗产”建设协同发展战略,发挥区域独特的自然—人文优势特色,将水资源保护和生态屏障建设与绿色产业发展、特色文化遗产、美丽乡村建设有机结合。同时,构建循环型产业体系,推动产业绿色低碳发展,实现生态保护优先绿色发展模式,实施符合区域特色的农林产业扶贫、旅游扶贫、电商扶贫、科技扶贫、生态保护建设扶贫、转移就业脱贫、教育扶贫等脱贫扶贫工程。最后还要启动制订黄河流域绿色产业扶持政策与保障措施,以及黄河流域上下游之间水资源保护和生态保护的区际利益生态补偿差异化政策,形成资金分配与水资源保护和生态保护成效挂钩机制,为黄河流域高质量发展提供支撑保障。

参考文献(References):

- [1] 乔家君,朱乾坤,辛向阳.黄河流域农村贫困特征及其影响因素.资源科学,2020,42(1): 184-196. [QIAO J J, ZHU Q K, XIN X Y. Spatial characteristics and influencing factors of rural poverty in the Yellow River Basin. Resources Science, 2020, 42(1): 184-196.]
- [2] 薛澜,杨越,陈玲,等.黄河流域生态保护和高质量发展战略立法的策略.中国人口·资源与环境,2020,30(12): 1-7. [XUE L, YANG Y, CHEN L, et al. Strategy of the legislation of Yellow River Basin ecological protection and high-quality development. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(12): 1-7.]
- [3] LIU J J, WANG J, LI Z H, et al. Exploring impacts of the Grain for Green program on Chinese economic growth. Environment, Development and Sustainability, 2020, 23: 5215-5232.
- [4] 张会言,杨立彬,张新海.黄河流域经济社会发展指标分析.人民黄河,2013,35(10): 11-13. [ZHANG H Y, YANG L B, ZHANG X H. Study on the economic and social development indicators in the Yellow River Basin. Yellow River, 2013, 35(10): 11-13.]
- [5] 陈军,成金华.中国矿产资源开发利用的环境影响.中国人口·资源与环境,2015,25(3): 111-119. [CHEN J, CHENG J H. Environmental impacts caused by the development and utilization of mineral resources in China. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(3): 111-119.]
- [6] 刘小鹏,李伟华,王鹏,等.发展地理学视角下欠发达地区贫困的地方分异与治理.地理学报,2019,74(10): 2108-2122. [LIU X P, LI W H, WANG P, et al. Local differentiation and alleviation of poverty in underdeveloped areas based on development geography. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(10): 2108-2122.]
- [7] 李小建,文玉钊,李元征,等.黄河流域高质量发展:人地协调与空间协调.经济地理,2020,40(4): 1-10. [LI X J, WEN Y Z, LI Y Z, et al. High-quality development of the Yellow River Basin from a perspective of economic geography: Man-land and spatial coordination. Economic Geography, 2020, 40(4): 1-10.]
- [8] 李伯华,曾灿,窦银娣,等.基于“三生”空间的传统村落人居环境演变及驱动机制:以湖南江永县兰溪村为例.地理科学进展,2018,37(5): 677-687. [LI B H, ZENG C, DOU Y D, et al. Change of human settlement environment and driving mechanism in traditional villages based on living-production-ecological space: A case study of Lanxi village, Ji-angyong county, Hunan povince. Progress in Geography, 2018, 37(5): 677-687.]
- [9] 张军扩,侯永志,刘培林,等.高质量发展的目标要求和战略路径.管理世界,2019,35(7): 1-7. [ZHANG J K, HOU Y Z, LIU P L, et al. The goals and strategy path of high-quality development. Management World, 2019, 35(7): 1-7.]
- [10] 樊杰.中国空间治理体系现代化在“十九大”后的新态势.中国科学院院刊,2017,32(4): 396-404. [FAN J. Perspective of China's spatial governance system after 19th CPC National Congress. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(4): 396-404.]
- [11] SU Y, QIAN K, LIN L, et al. Identifying the driving forces of non-grain production expansion in rural China and its im-

- plications for policies on cultivated land protection. *Land Use Policy*, 2020, 92: 104435, Doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104435.
- [12] TU S, LONG H, ZHANG Y, et al. Rural restructuring at village level under rapid urbanization in metropolitan suburbs of China and its implications for innovations in land use policy. *Habitat International*, 2018, 77: 143-152.
- [13] LYU R, CLARKE K C, ZHANG J, et al. Dynamics of spatial relationships among ecosystem services and their determinants: Implications for land use system reform in Northwestern China. *Land Use Policy*, 2021, 102: 105231, Doi: 10.1016/j.landusepol.2020.105231.
- [14] 刘昌明. 黄河流域水循环演变若干问题的研究. *水科学进展*, 2004, 15(5): 608-614. [LIU C M. Study of some problems in water cycle changes of the Yellow River Basin. *Advances in Water Science*, 2004, 15(5): 608-614.]
- [15] 王浩, 贾仰文, 王建华, 等. 人类活动影响下的黄河流域水资源演化规律初探. *自然资源学报*, 2005, 20(2): 157-162. [WANG H, JIA Y W, WANG J H, et al. Evolutionary laws of the Yellow River Basin's water resources under the impact of human activities. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(2): 157-162.]
- [16] 张丽洁. 黄河流域水资源承载力评价研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019. [ZHANG L J. Evaluation research on water resources carrying capacity of the Yellow River Basin. Yangling: Northwest A&F University, 2019.]
- [17] 孙才志, 左海军, 杨静. 基于极大熵原理的黄河流域水资源承载力研究: 以山西段为例. *资源科学*, 2004, 26(2): 17-22. [SUN C Z, ZUO H J, YANG J. Water resource carrying capacity in Yellow River Watershed based on the theory of maximum entropy: A case of Shanxi part. *Resources Science*, 2004, 26(2): 17-22.]
- [18] 张宁宁, 粟晓玲, 周云哲, 等. 黄河流域水资源承载力评价. *自然资源学报*, 2019, 34(8): 1759-1770. [ZHANG N N, LI X L, ZHOU Y Z, et al. Water resources carrying capacity evaluation of the Yellow River Basin. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(8): 1759-1770.]
- [19] LI X, PETERSON J, LIU G, et al. Assessing regional sustainability: The case of land use and land cover change in the Middle Yiluo catchment of the Yellow River Basin, China. *Applied Geography*, 2001, 21(1): 87-106.
- [20] 李江苏, 孙威, 余建辉. 黄河流域三生空间的演变与区域差异: 基于资源型与非资源型城市的对比. *资源科学*, 2020, 42(12): 2285-2299. [LI J S, SUN W, YU J H. Change and regional differences of production-living-ecological space in the Yellow River Basin: Based on comparative analysis of resource-based and non-resource-based cities. *Resources Science*, 2020, 42(12): 2285-2299.]
- [21] 张佰发, 苗长虹. 黄河流域土地利用时空格局演变及驱动力. *资源科学*, 2020, 42(3): 460-473. [ZHANG B F, MIAO C H. Spatiotemporal changes and driving forces of land use in the Yellow River Basin. *Resources Science*, 2020, 42(3): 460-473.]
- [22] 张鹏岩, 李颜颜, 康国华, 等. 黄河流域县域经济密度测算及空间分异研究. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(8): 128-135. [ZHANG P Y, LI Y Y, KANG G H, et al. A study on estimates and spatial differentiation of economic density at county level in Yellow River Basin. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(8): 128-135.]
- [23] 金凤君, 马丽, 许肇. 黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别. *资源科学*, 2020, 42(1): 127-136. [JIN F J, MA L, XU D. Environmental stress and optimized path of industrial development in the Yellow River Basin. *Resources Science*, 2020, 42(1): 127-136.]
- [24] ZHANG Y, LU X, LIU B, et al. Spatial relationships between ecosystem services and socioecological drivers across a large-scale region: A case study in the Yellow River Basin. *Science of the Total Environment*, 2021, 766: 142480, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142480.
- [25] WANG S, LIU Z, CHEN Y, et al. Factors influencing ecosystem services in the Pearl River Delta, China: Spatiotemporal differentiation and varying importance. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 168: 105477, Doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105477.
- [26] 刘晶晶, 王静, 戴建旺, 等. 黄河流域县域尺度生态系统服务供给和需求核算及时空变异. *自然资源学报*, 2021, 36(1): 148-161. [LIU J J, WANG J, DAI J W, et al. The relationship between supply and demand of ecosystem services and its spatio-temporal variation in the Yellow River Basin. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(1): 148-161.]
- [27] 陆大道, 孙东琪. 黄河流域的综合治理与可持续发展. *地理学报*, 2019, 74(12): 2431-2436. [LU D D, SUN D Q. Development and management tasks of the Yellow River Basin: A preliminary understanding and suggestion. *Acta Geo-*

- graphica Sinica, 2019, 74(12): 2431-2436.]
- [28] 马涛, 王昊, 谭乃榕, 等. 流域主体功能优化与黄河水资源再分配. 自然资源学报, 2021, 36(1): 240-255. [MA T, WANG H, TAN N R, et al. Optimization of main functions of river basin and redistribution of water resources in the Yellow River. Journal of Natural Resources, 2021, 36(1): 240-255.]
- [29] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 等. 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应. 自然资源学报, 2021, 36(1): 176-195. [LIU L K, LIANG L T, GAO P, et al. Coupling relationship and interactive response between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Journal of Natural Resources, 2021, 36(1): 176-195.]
- [30] 崔盼盼, 赵媛, 夏四友, 等. 黄河流域生态环境与高质量发展测度及时空耦合特征. 经济地理, 2020, 40(5): 49-57. [CUI P P, ZHAO Y, XIA S Y, et al. Level measures and temporal and spatial coupling analysis of ecological environment and high quality development in the Yellow River Basin. Economic Geography, 2020, 40(5): 49-57.]
- [31] 赵荣钦. 黄河流域生态保护和高质量发展的关键: 人地系统的优化. 华北水利水电大学学报: 自然科学版, 2020, 41(3): 1-6. [ZHAO R Q. The key to ecological protection and high quality development in the Yellow River Basin: Optimization of human-land systems. Journal of North China university of water resources and electric power. Natural Science Edition, 2020, 41(3): 1-6.]
- [32] 徐勇, 王传胜. 黄河流域生态保护和高质量发展: 框架、路径与对策. 中国科学院院刊, 2020, 35(7): 875-883. [XU Y, WANG C S. Ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin: Framework, path, and countermeasure. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(7): 875-883.]
- [33] WANG J, HE T, LIN Y. Changes in ecological, agricultural, and urban land space in 1984-2012 in China: Land policies and regional social-economical drivers. Habitat International, 2018, 71: 1-13.
- [34] WANG J, ZHAI T, LIN Y, et al. Spatial imbalance and changes in supply and demand of ecosystem services in China. Science of the Total Environment, 2019, 657: 781-791.
- [35] ANSELIN L. Local indicators of spatial association: LISA. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [36] 禹文豪, 艾廷华, 杨敏, 等. 利用核密度与空间自相关进行城市设施兴趣点分布热点探测. 武汉大学学报: 信息科学版, 2016, 41(2): 221-227. [YU W H, AI T H, YANG M, et al. Detecting "Hot Spots" of facility POIs based on kernel density estimation and spatial autocorrelation technique. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2016, 41(2): 221-227.]
- [37] 王静, 袁昕怡, 陈晔, 等. 面向可持续城市生态系统管理的资源环境承载力评价方法与实践应用: 以烟台市为例. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2371-2384. [WANG J, YUAN X Y, CHEN Y, et al. Evaluation method and application for resources-environment carrying capacity towards sustainable urban ecosystem management: A case study of Yantai city. Journal of Natural Resources, 2020, 35(10): 2371-2384.]
- [38] 方莹, 王静, 黄隆杨, 等. 基于生态安全格局的国土空间生态保护修复关键区域诊断与识别: 以烟台市为例. 自然资源学报, 2020, 35(1): 190-203. [FANG Y, WANG J, HUANG L Y, et al. Determining and identifying key areas of ecosystem preservation and restoration for territorial spatial planning based on ecological security patterns: A case study of Yantai city. Journal of Natural Resources, 2020, 35(1): 190-203.]
- [39] 袁红英. 着力构建黄河流域脱贫攻坚长效机制. 人民周刊, 2020, (21): 78-79. [YUAN H Y. Efforts to build a long-term mechanism for poverty alleviation in the Yellow River Basin. People's Weekly, 2020, (21): 78-79.]
- [40] 樊杰, 王亚飞, 王怡轩. 基于地理单元的区域高质量发展研究: 兼论黄河流域同长江流域发展的条件差异及重点. 经济地理, 2020, 40(1): 1-11. [FAN J, WANG Y F, WANG Y X. High quality regional development research based on geographical units: Discuss on the difference in development conditions and priorities of the Yellow River Basin compared to the Yangtze River Basin. Economic Geography, 2020, 40(1): 1-11.]

Strategies of ecosystem protection and territory spatial utilization for high-quality development in the Yellow River Basin

WANG Jing¹, LIU Jing-jing², SONG Zi-qiu³, HUANG Long-yang², FANG Ying², LI Ze-hui²

(1. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Wuhan University, School of Resources and Environmental Sciences, Wuhan 430079, China;

3. Land Use Planning Station, Yantai Natural Resources and Planning Bureau, Yantai 264003, Shandong, China)

Abstract: The study on strategies of high-quality development oriented ecosystem protection and territory spatial utilization has important practical significance for promoting the construction of ecological civilization in the Yellow River Basin and the balanced development in the whole China. A theoretical research framework of strategies for ecosystem protection and territory spatial utilization for high-quality development in the Yellow River Basin was constructed based on the relationship of "Pressure-State-Response". Under the framework, this paper analyzed the ecological construction and land development behavior including land reclamation, grain for green and urban encroachment brought by the pressure of urbanization, and its impact on the evolution of the land spatial patterns and ecosystem in the study area. The spatial differences in restrictions between ecosystem protection, agricultural production and territory spatial development in the basin, from the perspective of territory spatial utilization and development restrictions and the resource and environmental carrying capacity, were also examined. Based on prominent problems existing and the unique "natural-humanistic" characteristics in the Yellow River Basin, the coordinated development strategy of "water resources protection-green development-cultural inheritance" for the high-quality development were proposed, including the National Nature Reserve protection, the ecological infrastructure network construction, the green industry development and characteristic cultural inheritance, and the relevant guiding policies and the safeguard measures. It can provide support and guarantee for the high-quality development in the Yellow River Basin.

Keywords: Yellow River Basin; responding strategies; high-quality development; ecosystem protection; territory spatial utilization