

黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展耦合协同研究

宝文杰¹, 乌日罕^{2*}

¹内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特

²内蒙古财经大学经济学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年10月15日; 录用日期: 2025年12月10日; 发布日期: 2025年12月22日

摘要

黄河流域内蒙古段是自治区落实“两个屏障”、“两个基地”和“一个桥头堡”战略定位的关键区域, 生态地位突出, 经济与战略意义重大。然而, 该区域仍面临水资源短缺、生态系统脆弱以及发展不平衡等多重挑战。本文基于2003~2022年面板数据, 运用熵权法、耦合协调度模型与灰色关联度模型, 对黄河流域内蒙古段7个盟市的生态保护与高质量发展之间的耦合协调关系及其驱动因素展开分析。研究结果显示: (1) 2003~2022年间, 研究区耦合协调度在“轻度失调衰退”至“初级协调发展”之间波动, 整体以“濒临失调衰退”与“勉强协调发展”类型为主; (2) 空间格局呈现“双核引领不足、东西分异明显”的特征, 其中鄂尔多斯与阿拉善的协调水平较高, 而呼包核心区波动显著; (3) 人均GDP、城乡收入差距、高校在校生数和生态用水占比是影响二者协调关系的关键驱动因素。研究表明, 黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展的协同关系具有显著时空异质性, 未来应聚焦关键驱动因素, 实施差异化策略, 以提升区域整体协调水平, 推动生态保护与高质量发展协同并进。

关键词

生态保护, 高质量发展, 耦合协调, 驱动因素, 黄河流域内蒙古段

Synergistic Coupling of Ecological Conservation and High-Quality Development in the Inner Mongolia Section of the Yellow River

Wenjia Bao¹, Rihan Wu^{2*}

¹College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

²School of Economics, Inner Mongolia University of Finance and Economics, Hohhot Inner Mongolia

*通讯作者。

文章引用: 宝文杰, 乌日罕. 黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展耦合协同研究[J]. 地理科学研究, 2025, 14(6): 1389-1405. DOI: 10.12677/gser.2025.146132

Abstract

The Inner Mongolia section of the Yellow River is a pivotal region for the autonomous region to implement its strategic positioning as “two barriers”, “two bases”, and “one bridgehead”. It holds prominent ecological significance and carries substantial economic and strategic importance. However, the area faces multiple challenges, including water scarcity, fragile ecosystems, and unbalanced development. Using panel data for 2003~2022, this study applies the entropy-weight method, a coupling coordination degree model, and grey relational analysis to examine the coupling-coordination between ecological conservation and high-quality development across seven leagues in Inner Mongolia Section of the Yellow River and to identify driving factors. The results show that: (1) From 2003 to 2022, the coupling coordination degree in the study area fluctuated between “mild maladjustment-recession” and “primary coordinated development”, with “on-the-verge maladjustment-recession” and “barely coordinated development” as the prevailing types overall; (2) The spatial pattern is characterised by “insufficient dual-core leadership and pronounced east-west differentiation”, with higher coordination levels in Ordos and Alxa, while the Hohhot-Baotou core exhibits marked volatility; (3) GDP per capita, the urban-rural income gap, the number of university students, and the share of ecological water use are the key drivers shaping coordination between the two subsystems. These findings indicate pronounced spatiotemporal heterogeneity in the synergy between ecological conservation and high-quality development in the Inner Mongolia section of the Yellow River Basin. Future efforts should target the identified drivers and implement differentiated strategies to enhance overall coordination and promote the joint advancement of ecological conservation and high-quality development.

Keywords

Ecological Conservation, High-Quality Development, Coupling-Coordination, Drivers, Inner Mongolia Section of the Yellow River Basin

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黄河流域是我国重要的生态屏障区和经济发展带,推动该流域生态保护与高质量发展,是关乎生态环境保护与人地系统协调可持续发展的核心议题。作为黄河流域中上游的关键区段,内蒙古段孕育了河套平原与土默川平原两大农业生产基地,在涵养水源、阻挡风沙、维持生物多样性等方面发挥着不可替代的生态功能。然而,该区域也面临生态环境脆弱、经济发展高度依赖资源开发、人地系统矛盾突出等一系列问题,严重制约区域可持续发展进程。2019年,习近平总书记在河南省郑州市主持召开座谈会,将黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略。为深入贯彻落实习近平总书记重要讲话和重要指示批示精神,细化落实《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》目标任务,2022年内蒙古自治区党委和政府联合印发《内蒙古自治区黄河流域生态保护和高质量发展规划》。推进黄河流域生态保护与高质量发展,不仅是国家治理能力现代化在北方战略层面的重要体现,也是促进东西部协调和南北区域均衡发展的关键举措[1]-[5]。在此背景下,深入探讨黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展的协同效应,既是破解该区域人地矛盾的重要路径,也是落实国家生态文明建设战略的必然要求。

目前,学术界围绕黄河流域生态保护与高质量发展已形成多维度、多层次的研究体系。在理论机制与实证测度方面,宁朝山等[6]基于复杂系统耦合协调度模型,对2011~2018年黄河流域城市数据进行测度,揭示了生态保护与高质量发展的协同关系;刘琳轲等[7]进一步运用面板VAR模型,验证了两者间的双向促进作用;任保平等[8]则结合耦合协调度模型与灰色关联分析,指出2012~2018年间黄河流域经济增长、产业发展与生态环境之间存在紧密的耦合协同机制。陈景华等[9]通过QAP回归法进一步确认二者具有显著的相互促进效应。在时空演化与驱动因素方面,刘建华等[10]发现2009~2018年间黄河流域协同度呈持续上升趋势;吕德胜等[11]基于2005~2019年地级市数据,揭示数字经济、生态保护与高质量发展三系统的耦合协调由“濒临失调”提升至“初级协调”,并识别科技支撑为关键驱动力;张杰等[12]在沱江流域研究中指出,生态环境系统是复合系统协调发展的首要影响因素,且存在空间异质性。在战略路径与治理机制方面,金凤君[13]强调协调格局与以水为核心的基础设施体系对战略推进的基础性作用;黄燕芬等[14]借鉴莱茵河治理经验,提出应完善流域协同治理机制;高煜[15]与韩海燕等[16]分别从现代产业体系构建与制造业竞争力角度,强调产业支撑对高质量发展的重要性;何苗[17]进一步提出应从功能、产业、空间与治理四个维度系统构建协同机制。

上述研究为深入探讨黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调关系奠定了坚实的理论基础。然而,既有成果多聚焦于黄河流域整体或中下游地区,针对内蒙古段这一生态敏感与经济转型关键区域的研究仍相对薄弱。因此,本研究拟整合多源数据,评估黄河流域内蒙古段的自然资源本底与经济发展现状,揭示生态保护与高质量发展之间的耦合关系及驱动因素,旨在明确该区域实现高水平协调发展的关键着力点。研究成果不仅可为黄河流域内蒙古段的生态保护与高质量发展提供实践依据,也对深入贯彻国家重大战略部署、增强区域可持续发展能力具有重要的现实意义。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况



注: 基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2024)0650号的标准地图制作,底图边界无修改,下同。

Figure 1. Study area boundary map

图1. 研究区概况图

本研究选取黄河流域内蒙古段作为研究区域,涵盖阿拉善盟、乌海市、鄂尔多斯市、巴彦淖尔市、

包头市、呼和浩特市和乌兰察布市共 7 个盟市(图 1)。该区域地处黄河“几”字弯核心地带, 地理坐标范围为东经 106°~113°、北纬 37°~42°。黄河自宁夏石嘴山入境, 自西向东流经区内 7 个盟市, 干流全长约 843.5 km, 占黄河总长度的 1/7, 最终于清水河县老牛湾出境进入山西省。研究区地貌类型复杂多样, 涵盖高原、山地、平原、沙漠与湿地等多种形态, 北倚阴山山脉, 南接鄂尔多斯高原, 构成黄河流域重要的生态安全屏障。全区总面积约 15.1 万 km², 集中了内蒙古自治区约 50% 的人口和 70% 的经济总量, 是全区社会经济发展的核心区域, 在黄河流域生态安全与区域协调发展中的重要战略地位。然而, 该地区仍面临水资源短缺、生态系统脆弱与发展不平衡等多重挑战。因此, 推动黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展的协同并进, 对实现区域经济社会与生态环境协调可持续发展具有重要现实意义。

2.2. 数据来源

本研究所用数据涵盖水资源、土地利用、植被指数及社会经济统计数据。水资源数据来源于《内蒙古自治区水资源公报》; 土地利用数据采用武汉大学黄昕团队发布的多期土地覆盖数据集; 植被指数数据选取 MODIS NDVI 产品并进行年度合成, 以反映区域植被覆盖状况; 社会经济数据则主要来自 2003~2022 年《中国城市统计年鉴》《内蒙古自治区统计年鉴》、各盟市国民经济和社会发展统计公报以及各地级市统计年鉴等。在数据收集过程中, 对于部分缺失的数据, 本文采用线性插值法进行合理填补, 以保证数据序列的完整性与连续性。当不同统计资料中同一指标存在差异时, 统一以《内蒙古自治区统计年鉴》中的数据为准, 以确保数据口径的一致性。

2.3. 研究方法

(1) 熵权法

熵权法是一种广泛应用于多指标综合评价的客观赋权方法。本研究基于已构建的指标体系, 其处理步骤包括: 首先对原始数据进行标准化以消除量纲影响, 随后采用熵权法对黄河流域内蒙古段的相关数据进行测算, 以确定各指标的权重。

(2) 耦合协调模型

耦合协调度模型可用于测度多个系统之间的相互作用强度及其协调发展水平。参考李文雯[18]与丁瑞杰[19]的研究, 构建适用于本研究的耦合协调度模型, 具体计算步骤如下:

第一, 耦合度计算

$$C = \frac{\sqrt{k_1 * k_2}}{(k_1 + k_2)^2} \quad (2-1)$$

式(2-1)中, C 为耦合度, k_1 和 k_2 分别表示生态保护与高质量发展的综合评价得分。耦合度 C 的取值范围为[0, 1], 值越大表明系统间耦合程度越高, 反之则越低。

第二, 综合评价指数计算

综合评价指数用于反映生态保护与高质量发展的整体发展水平, 其表达式为:

$$T = \alpha k_1 + \beta k_2 \quad (2-2)$$

式(2-2)中, T 为综合评价指数, α 和 β 为权重系数, 用来衡量两个系统的相对重要程度, 且满足 $\alpha + \beta = 1$ 的条件。参考既有研究成果并结合本研究对象的实际情况, 认为生态保护与高质量发展在区域发展中具有同等重要性, 故将 α 、 β 两个系数均设定为 0.5。

第三, 耦合协调度计算

耦合协调度用于衡量系统间协调发展的质量, 计算公式为:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (2-3)$$

式(2-3)中, D 是生态保护和高质量发展的耦合协调度, 取值范围为 0~1, 值越大表示系统间耦合协调水平越好。通过借鉴其他相关研究, 本文将黄河流域生态保护和高质量发展的耦合协调度划分为 10 个等级, 具体分类标准如表 1 所示:

Table 1. Classification standard of coupling coordination degree

表 1. 耦合协调度等级划分标准

耦合协调度指数	耦合协调发展阶段
$0 \leq D < 0.09$	极度失调衰退
$0.10 \leq D < 0.19$	严重失调衰退
$0.20 \leq D < 0.29$	中度失调衰退
$0.30 \leq D < 0.39$	轻度失调衰退
$0.40 \leq D < 0.49$	濒临失调衰退
$0.50 \leq D < 0.59$	勉强协调发展
$0.60 \leq D < 0.69$	初级协调发展
$0.70 \leq D < 0.79$	中级协调发展
$0.80 \leq D < 0.89$	良好协调发展
$0.90 \leq D < 1.00$	优质协调发展

(3) 灰色关联度模型

为识别各因素对生态保护与高质量发展耦合协调度的影响程度, 本研究采用灰色关联分析法进行测度。该方法通过计算各影响因素与耦合协调度之间的灰色关联度系数, 衡量其关联强度, 系数取值介于 0~1 之间, 数值越大, 表明该因素对耦合协调度的作用越显著。具体计算步骤参照闫晗等[20]、张芳等[21]的研究, 灰色关联度等级划分标准见表 2。

第一, 数据标准化处理:

为消除量纲影响, 对原始数据进行初值化处理:

$$x_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_{i1}} (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (3-1)$$

第二, 灰色关联系数计算:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (3-2)$$

式中, $x_0(k)$ 是参考序列(耦合协调度), $x_i(k)$ 是特征序列(影响因素), 分辨系数 $\rho = 0.5$ 。

$\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)|$ 是两级最小差, $\rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|$ 是两级最大差。

第三, 计算灰色关联度:

对各点的关联系数取平均值, 得到灰色关联度:

$$\bar{r}_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_i(k) (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3-3)$$

Table 2. Classification standard of the grey relational degree
表 2. 灰色关联度划分标准

取值范围	关联等级
(0.00, 0.35]	较低关联
(0.35, 0.65]	中度关联
(0.65, 0.85]	较高关联
(0.85, 1.00]	高度关联

其中, r_i 为第 i 个因素与耦合协调度的灰色关联度, m 为指标数量。

2.4. 指标体系构建

本文借鉴杨文照[22]、辛韵[23]、王渊钊[24]、李文雯[18]等学者的研究成果, 结合研究区域特征, 构建了涵盖生态保护与高质量发展的综合评价指标体系(见表 3)。

生态保护评价体系包含生态环境状态、生态环境压力与生态环境治理三个维度。生态环境状态反映区域自然资源本底条件, 选取人均水资源量(m^3 /人)、人均耕地面积(公顷/人)与 NDVI 作为正向指标。生态环境压力表征人类活动对生态系统的干扰程度, 包括单位 GDP 用水量、农业用水占比、单位耕地化肥施用量(吨/公顷)和人均污水排放量(吨/人)四项负向指标。生态环境治理方面, 选用生态用水占比作为正向监测指标。

高质量发展评价体系则从经济、创新、绿色、共享与协调五个维度展开。经济发展维度包含人均 GDP (万元/人)、产业结构合理化指数、第三产业占比、人均财政支出(万元/人)及人均社会消费品零售额(万元/人)等正向指标。创新发展维度选取科技支出占财政支出比重与普通高等学校在校学生数作为衡量依据。绿色维度引入建成区绿化覆盖率与人均公园绿地面积(m^2 /人)两项正向指标。共享发展关注民生福祉, 采用养老保险参保率与每千人医疗卫生机构床位数作为正向指标。协调发展则聚焦社会公平与城乡均衡, 选取城镇登记失业率(负向)与城乡收入差距倍数(负向), 并引入人口密度作为中性指标, 以综合反映区域承载能力与空间协调水平。

Table 3. Ecological conservation and high-quality development evaluation index system
表 3. 生态保护与高质量发展评价指标体系

一级指标		二级指标	性质	指标权重
生态保护	生态环境状态	人均水资源(立方米/人)	正	0.2202
		人均耕地面积(公顷/人)	正	0.1355
		NDVI	正	0.1186
	生态环境压力	单位 GDP 用水量	负	0.0045
		农业用水占比	负	0.1015
		单位耕地化肥施用量(吨/公顷)	负	0.0131
		人均污水排放量(吨/人)	负	0.0108
	生态环境治理	生态用水占比	正	0.3958
高质量发展	经济发展	人均 GDP(万元/人)	正	0.0578
		产业结构合理化	正	0.0403
		第三产业占比	正	0.0307
		人均财政支出(万元/人)	正	0.0428
		人均社会消费品零售额(万元/人)	正	0.0366

续表

创新发展	科技支出占财政支出比重	正	0.0402
	普通高等学校在校学生数	正	0.3646
绿色发展	建成区绿化覆盖率	正	0.0062
	人均公园面积	正	0.0332
共享发展	养老保险参保率	正	0.0195
	医疗卫生机构床位数	正	0.0904
协调发展	城镇登记失业率	负	0.0079
	人口密度	中性	0.2159
	城乡收入差距倍数	负	0.0139

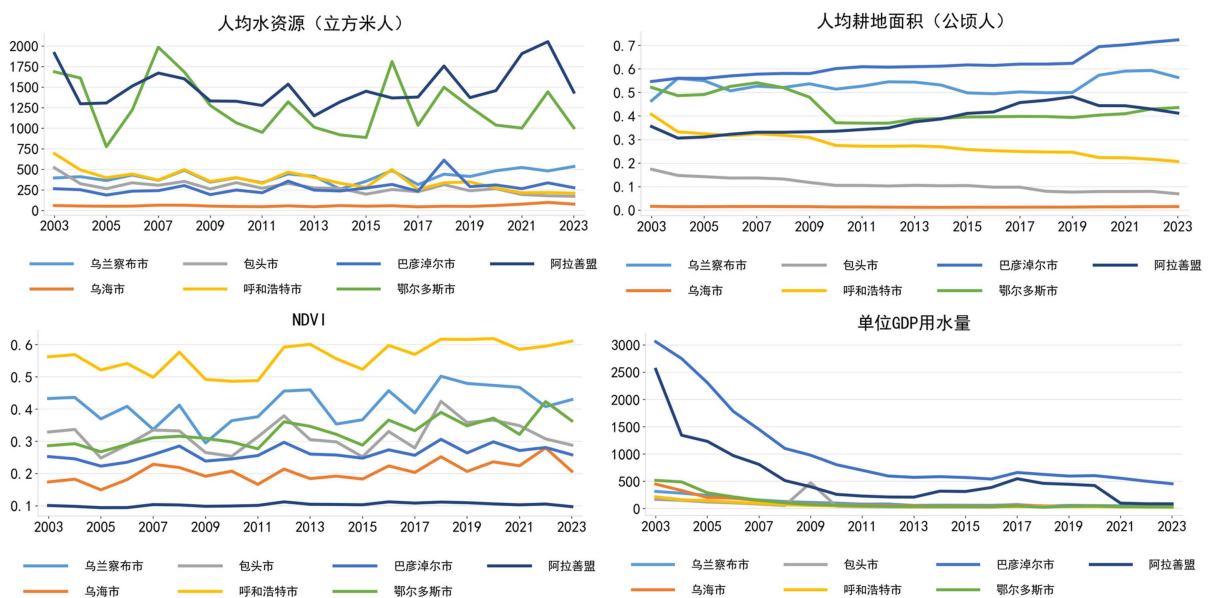
3. 结果与分析

3.1. 生态保护时空演变分析

为深入剖析黄河流域内蒙古段生态保护和高质量发展的空间差异,选取 22 个关键指标,涵盖水资源、垃圾处理、创新能力、产业结构优化、绿色发展、开放程度、居民生活品质提升等多维度。

3.1.1. 时间序列分析

2003~2023 年间,黄河流域内蒙古段生态保护状态指标呈现出显著的时空异质性与动态变化(图 2)。从生态环境状态来看,在人均水资源方面,各盟市整体呈下降趋势,尤以呼和浩特市和包头市最为突出,降幅分别达 69.6%和 66.7%,反映出快速城市化与工业化对水资源形成了强烈挤压。鄂尔多斯市因能源产业波动表现出较大起伏,而阿拉善盟则相对稳定。耕地资源方面,呼包两市人均耕地面积大幅减少,与城镇扩张和工业用地增加密切相关;乌兰察布市和阿拉善盟则在农业政策与生态治理推动下,人均耕地面积略有增加。植被覆盖状况(NDVI)整体改善,其中呼和浩特市增幅最为显著,鄂尔多斯市和乌兰察布市自 2018 年起亦呈持续上升,凸显生态工程的积极成效;但西部地区如乌海市和阿拉善盟 NDVI 值长期处于低位,生态环境依然脆弱。



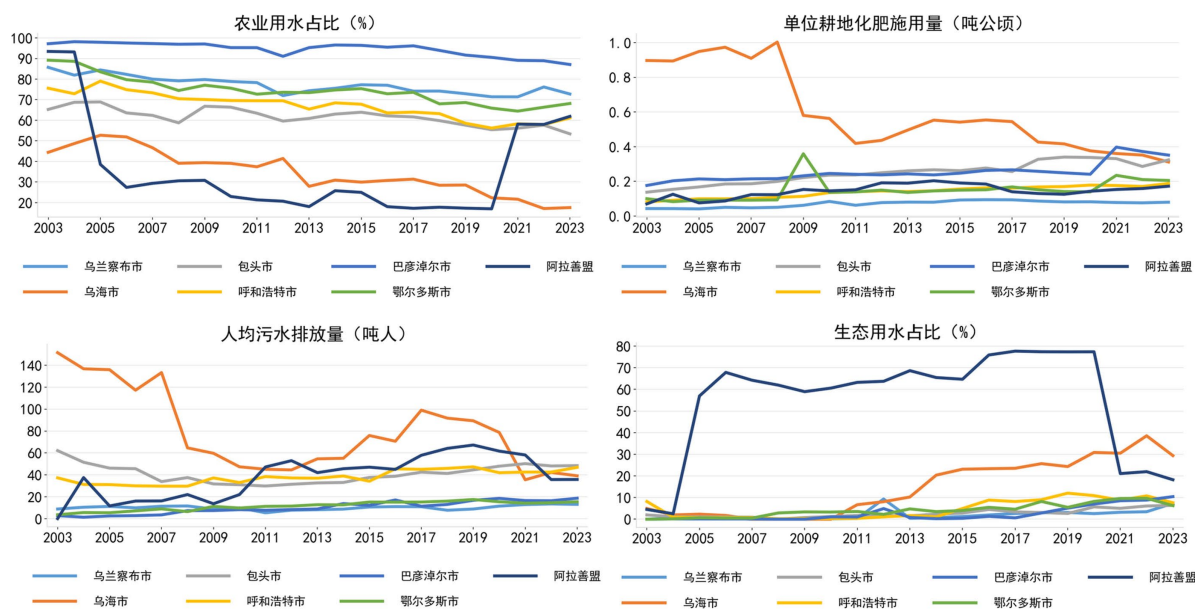


Figure 2. Temporal variation of ecological conservation indicators

图 2. 生态环境保护指标时间变化

生态环境压力指标表现出明显的区域差异,并在多数地区呈缓解趋势。单位 GDP 用水量普遍显著下降,尤其是阿拉善盟和鄂尔多斯市,反映出节水技术推广与产业结构优化的成效;但巴彦淖尔市仍维持高位,农业用水粗放问题突出。农业用水占比存在显著分异,巴彦淖尔市始终居高不下,呼包两市则随着产业转型稳步下降,乌海市和阿拉善盟在政策调控下显著降低。多数地区单位耕地化肥施用量上升,其中巴彦淖尔市和呼和浩特市增幅明显;乌海市因耕地面积缩减反而呈下降态势。人均污水排放量整体随城镇化进程而上升,但包头市和乌海市通过治理措施在部分时期实现了阶段性下降。

生态环境治理方面,2003~2023 年间流域各盟市均取得积极进展,其中生态用水比例的提升尤为突出。阿拉善盟生态用水占比长期居于领先地位,凸显其生态屏障作用及治理优先性;乌海市的占比显著提高,反映出生态修复力度不断增强;鄂尔多斯市和巴彦淖尔市则呈缓慢上升态势,显示在能源与农业开发背景下逐步强化生态约束;呼和浩特市和包头市作为区域核心城市,生态用水占比虽仍处低位,但整体呈波动上升趋势,体现出城市化地区生态建设的持续推进。总体来看,生态用水比例的稳步提升表明流域生态保护与修复工作取得成效,水资源管理正逐步向生态优先转变。

3.1.2. 空间变化分析

由图 3 可见,黄河流域内蒙古段生态环境状态在空间上差异显著。水资源方面,鄂尔多斯市和阿拉善盟的人均水资源量相对充裕,多数年份保持在 $1000 \text{ m}^3/\text{人}$ 以上;而呼和浩特、包头和乌海市则长期处于严重短缺状态,2023 年人均水资源量均不足 $210 \text{ m}^3/\text{人}$,其中乌海市常年低于 $100 \text{ m}^3/\text{人}$ 。耕地资源同样分布不均,巴彦淖尔市和乌兰察布市人均耕地面积约 0.5 公顷/人 ,农业利用程度较高;乌海市则人均耕地面积不足 0.02 公顷/人 。植被覆盖(NDVI)整体呈现“东高西低”的空间格局。2023 年呼和浩特市 NDVI 达 0.611,表现出较好的生态恢复成效;而阿拉善盟仅为 0.097,凸显其生态环境脆弱性。

在生态环境压力方面,用水效率差异显著。巴彦淖尔市和阿拉善盟以农业用水为主,但单位 GDP 耗水量仍处于高位;呼和浩特、包头和乌海三市用水效率持续改善。农业用水占比差异明显,巴彦淖尔市长期超过 85%,而乌海市仅为 17.54%。化肥施用强度方面,乌海市多数年份超过 0.8 吨/公顷,为区域最

高; 乌兰察布市则普遍低于 0.1 吨/公顷, 农业面源污染风险相对较低。污染排放方面, 乌海、包头和呼和浩特三市人均污水排放量显著高于其他盟市, 反映出工业密集型和高度城市化地区的环境压力。

在生态环境治理方面, 阿拉善盟生态用水占比长期处于较高水平, 多数年份超过 50%, 表明其在生态修复与水资源调配方面投入较大。呼和浩特和包头等城市生态用水占比较低, 生态补水压力仍较突出。

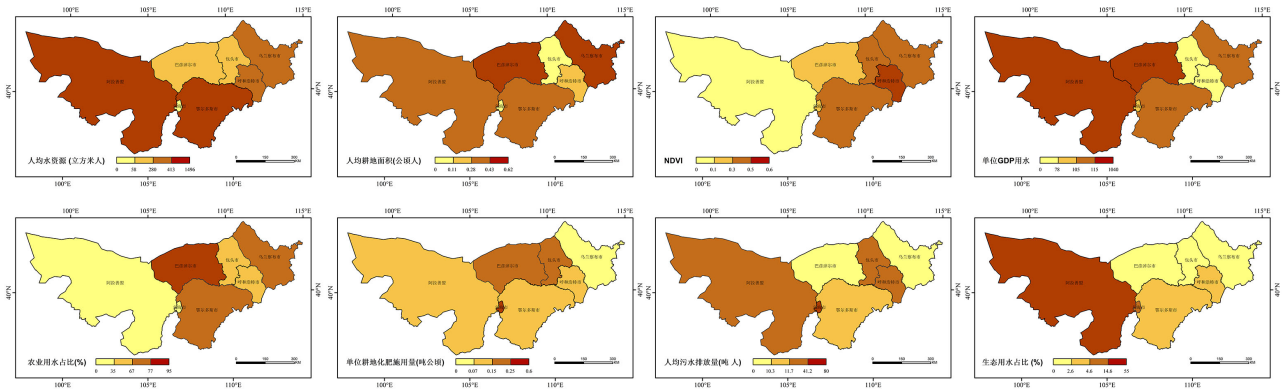
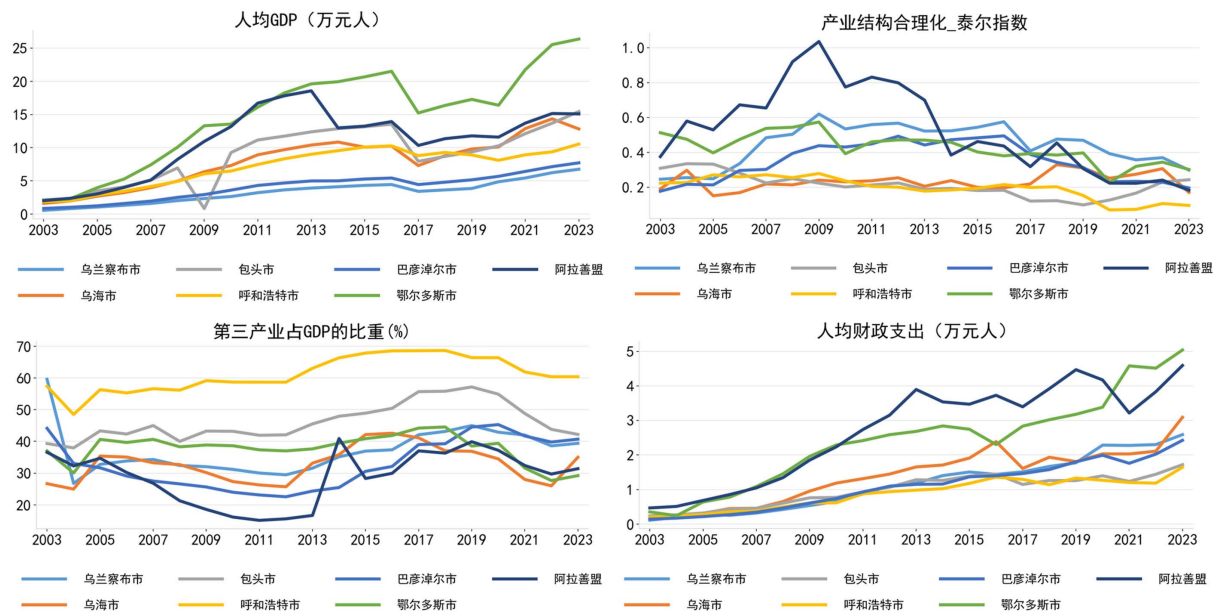


Figure 3. Spatial distribution of ecological conservation indicators
图 3. 生态保护指标的空间变化

3.2. 高质量发展时空演变分析

3.2.1. 时间序列分析

2003~2023 年间, 黄河流域内蒙古段高质量发展水平总体提升, 但区域间差异依然显著(图 4)。在经济发展方面, 各盟市人均 GDP 普遍实现大幅增长, 鄂尔多斯市和阿拉善盟等资源型地区增长幅度领先, 呼和浩特、包头等核心城市保持稳步提升, 而乌兰察布仍处于相对滞后水平。产业结构持续优化, 多数盟市反映产业结构合理化的泰尔指数呈下降趋势, 第三产业比重整体上升, 其中呼和浩特市服务业主导型经济结构日益明确, 但部分资源型城市的产业转型过程仍存在波动。



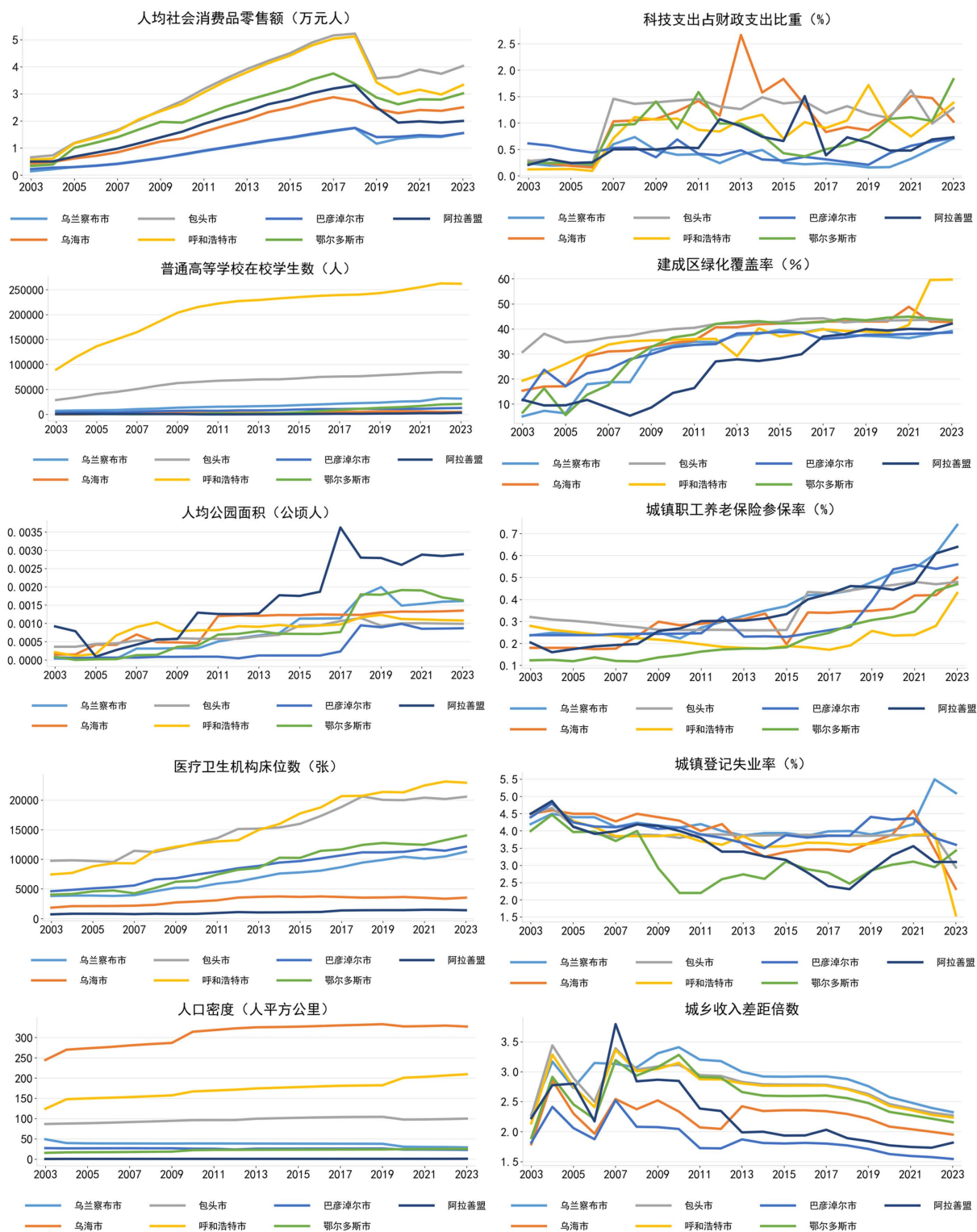


Figure 4. Temporal variation of high-quality development indicators
图 4. 高质量发展指标时间变化

在创新发展方面, 科技支出占财政支出比重和普通高等学校在校生规模均呈增长态势, 反映出区域

创新能力持续提升。然而, 高等教育和科技资源高度集中于呼和浩特和包头等中心城市, 形成明显的集聚效应; 鄂尔多斯等资源型地区创新投入加快, 但乌兰察布、巴彦淖尔等农牧区创新基础仍显薄弱, 区域间的创新能力分异显著。

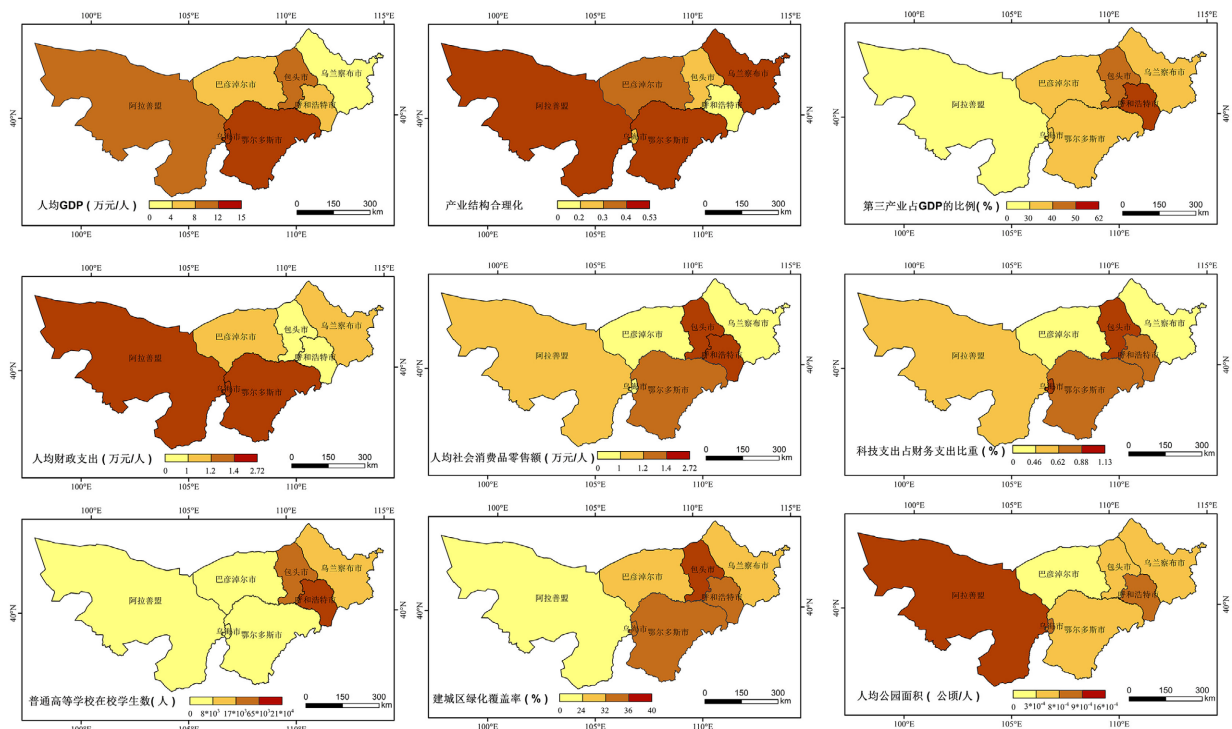
生态文明建设与民生保障水平同步改善。绿色发展方面, 各盟市建成区绿化覆盖率普遍提高, 呼和浩特市提升最为突出, 中小城市及生态脆弱区如阿拉善盟也取得积极进展; 人均公园绿地面积整体增长, 但增速呈边际递减趋势, 反映出城市绿地建设逐渐面临空间和效益约束。共享发展方面, 城镇职工养老保险参保率持续提升, 乌兰察布、阿拉善盟等欠发达地区增幅显著, 社会保障覆盖面稳步扩大; 医疗卫生资源配置不断改善, 各盟市医疗机构床位数普遍增加, 呼和浩特、包头等核心城市集聚效应突出, 但区域间公共服务供给差距仍然存在。

在协调发展方面, 区域内部协同能力有所增强, 但结构性矛盾依然突出。各盟市城镇登记失业率普遍下降, 就业形势总体稳定, 鄂尔多斯市与阿拉善盟等资源型地区和生态功能区就业吸纳能力较强, 而乌兰察布市作为农牧转型地区仍面临较大就业压力。人口空间格局表现为集聚态势, 呼和浩特、乌海等城市人口密度显著上升, 而乌兰察布、巴彦淖尔等地持续出现人口外流。城乡收入差距整体缩小, 巴彦淖尔、乌海等地城乡融合水平较高, 但乌兰察布、呼和浩特等地城乡二元结构问题仍较突出, 反映出区域内部和城乡之间发展不平衡的矛盾尚未根本缓解。

3.2.2. 空间变化分析

2003~2023 年间黄河流域内蒙古段高质量发展水平呈现出显著的空间分异特征(图 5)。

在经济发展方面, 人均 GDP 呈现“西高东低、中部突显”的格局。2023 年, 鄂尔多斯市和阿拉善盟凭借资源禀赋和产业优势分别达到 26.35 万元/人和 15.09 万元/人, 而乌兰察布市和巴彦淖尔市则不足 8 万元/人。产业结构差异明显, 呼和浩特市第三产业比重超过 60%, 服务业主导特征突出; 而鄂尔多斯和包头等资源型或工业型城市第三产业比重仍偏低。人均财政支出亦存在差异, 鄂尔多斯市和阿拉善盟显著高于呼和浩特和包头。



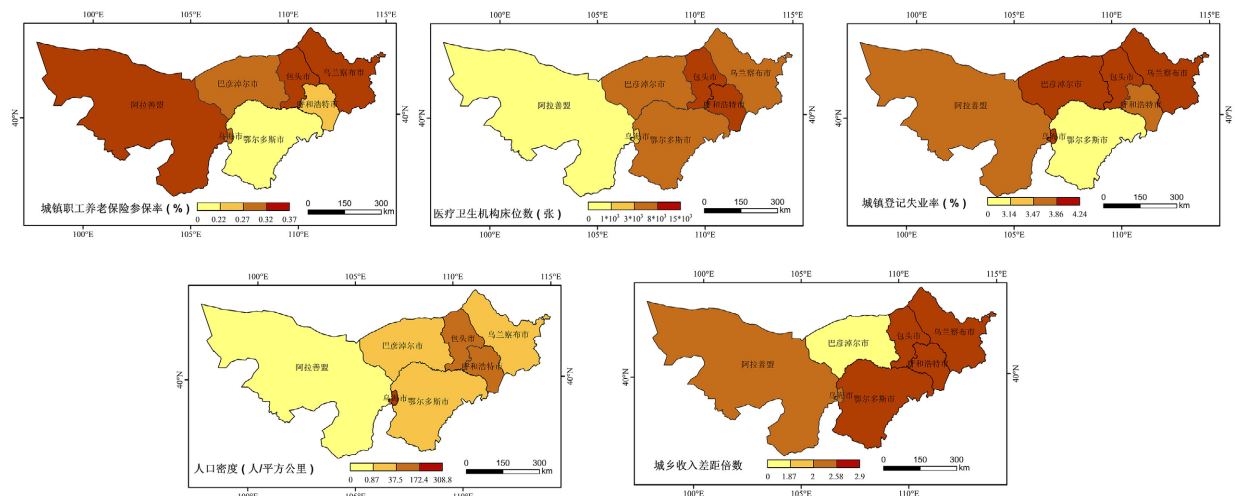


Figure 5. Analysis of spatial variations in high-quality development evaluation indicators from 2003 to 2023
图 5. 2003~2023 年间高质量发展评价指标空间变化分析

在创新与绿色发展方面,科技支出占财政支出的比重整体提升,但区域差异显著。包头和呼和浩特长期保持在 1%以上,而乌兰察布和巴彦淖尔则不足 0.5%。高等教育资源高度集中于呼和浩特,加剧了区域创新能力的非均衡性。在绿色发展层面,各盟市人均公园绿地面积和建成区绿化覆盖率均有所提升,但差距依然明显。阿拉善盟和乌海市因人口密度较低或生态建设力度较大,人均绿色空间水平较高;而呼和浩特和包头因人口集中,绿地供给相对不足。乌兰察布绿化覆盖率增速较快,但总体水平仍偏低。

在共享与协调发展方面,城乡收入差距整体呈收敛趋势。巴彦淖尔市和阿拉善盟城乡融合度较高,城乡收入比低于 1.82;而乌兰察布和呼和浩特则仍超过 2.2。社会保障覆盖面普遍提升,养老保险参保率持续上升。医疗卫生资源空间分布与高等教育类似,呼和浩特和包头优势明显。就业状况方面,鄂尔多斯和阿拉善盟城镇登记失业率相对较低,表现出较强的就业吸纳能力;乌兰察布则长期维持在较高水平,就业压力突出。

3.3. 生态保护与高质量发展耦合协调评价

3.3.1. 时间变化分析

由表 4 可见,2003~2023 年间,黄河流域内蒙古段生态保护与经济发展系统的耦合协调关系总体上在“初级协调”与“轻度失调”之间反复波动,未能形成稳定的协同格局。协调等级主要集中在“濒临失调衰退”和“勉强协调发展”两个阶段,仅在 2010 年和 2017 年短暂进入“初级协调发展”水平,但持续时间较短。整体而言,生态保护与经济发展系统尚未实现良性互动与稳定协同。

Table 4. Coupling coordination degree calculation results
表 4. 耦合协调度计算结果

年份	耦合度 C 值	协调指数 T 值	耦合协调度 D 值	协调等级	耦合协调程度
2003	0.938	0.384	0.600	6	勉强协调发展
2004	0.949	0.222	0.459	5	濒临失调衰退
2005	0.983	0.271	0.516	6	勉强协调发展
2006	0.908	0.217	0.444	5	濒临失调衰退

续表

2007	0.928	0.238	0.470	5	濒临失调衰退
2008	0.901	0.161	0.380	4	轻度失调衰退
2009	0.705	0.354	0.500	5	濒临失调衰退
2010	0.932	0.396	0.607	7	初级协调发展
2011	0.944	0.226	0.462	5	濒临失调衰退
2012	0.980	0.283	0.527	6	勉强协调发展
2013	0.913	0.218	0.446	5	濒临失调衰退
2014	0.919	0.248	0.477	5	濒临失调衰退
2015	0.906	0.164	0.385	4	轻度失调衰退
2016	0.723	0.354	0.506	6	勉强协调发展
2017	0.910	0.398	0.602	7	初级协调发展
2018	0.937	0.229	0.463	5	濒临失调衰退
2019	0.984	0.287	0.531	6	勉强协调发展
2020	0.923	0.223	0.453	5	濒临失调衰退
2021	0.952	0.233	0.471	5	濒临失调衰退
2022	0.936	0.170	0.399	4	轻度失调衰退
2023	0.717	0.375	0.518	6	勉强协调发展

从协调水平的波动特征来看，系统协调关系在不同阶段表现出明显差异。2003~2007 年为初步波动期，耦合协调度(D 值)在 0.444~0.600 之间起伏，协调指数(T 值)始终低于 0.384，表明系统基础薄弱，难以支撑较高水平的协调。2008~2017 年进入剧烈波动期，2010 年和 2017 年 D 值一度突破 0.600，达到“初级协调”水平，但 2008 年却骤降至 0.380，显示系统在尝试提升与回落之间频繁切换，协同效应缺乏持续性。2018~2023 年则呈现回落趋势，整体进入以失调为主的平台期，除 2019 年和 2023 年外，D 值多低于 0.500，T 值普遍低于 0.290，表明系统协调能力未见明显提升，甚至有所减弱。

3.3.2. 空间演变特征

为进一步揭示黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展两大系统之间耦合协调关系的空间演变特征，本文基于 ArcGIS 绘制了 2003~2023 年 7 个盟市的协调关系时空格局(图 6)。总体来看，2003~2023 年间该区域的耦合协调关系呈现出“整体水平偏低、时序波动频繁、市际差异明显”的特征。研究初期，仅呼和浩特、巴彦淖尔、鄂尔多斯和阿拉善盟 4 个盟市达到初级或勉强协调水平，其余地区普遍处于失调状态；至 2023 年，虽然个别年份出现协调类型，但多数盟市仍在失调与勉强协调之间反复波动，表明生态与经济系统的结构性矛盾尚未根本缓解。呼和浩特与包头并未展现持续的引领作用。呼和浩特虽多次达到初级或勉强协调，但也频繁回落至濒临或轻度失调状态，系统协同能力缺乏稳定性；包头大多数年份仅处于中低度协调水平，未能形成持续向好的演进趋势。相较之下，鄂尔多斯和阿拉善盟表现出相对较强的协调韧性。鄂尔多斯多次进入初级协调类型，阿拉善盟更是在 2012~2014 年和 2019~2021 年间连续保持初级协调水平，显示出较好的系统潜力。尽管近年亦有波动回落，但其整体协调基础相对稳固。与之相比，乌兰察布和乌海市长期维持在低水平，绝大多数年份处于轻度或濒临失调状态，恢复能力明显不足。巴彦淖尔的协调水平介于中等，但波动性较强。虽然多次达到初级或勉强协调，但中间阶段屡次陷入失调，显示其协调基础尚不牢固。

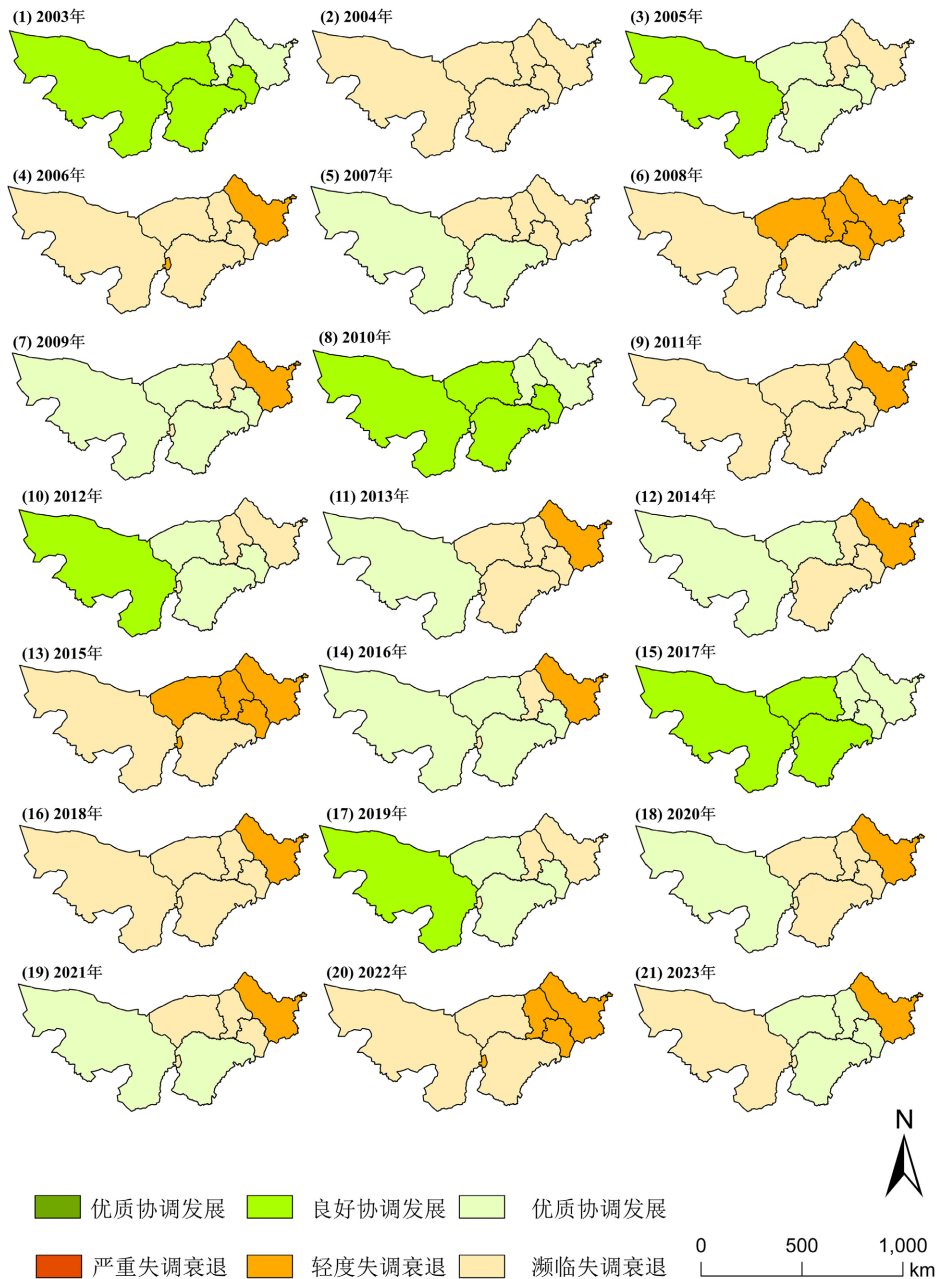


Figure 6. Spatial pattern evolution of the coupling coordination degree between ecological conservation and high-quality development
图 6. 生态保护与高质量发展耦合协调关系空间格局演变

3.4. 耦合协调度的驱动因素分析

基于灰色关联度分析的结果(表 5), 本研究识别出影响黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展协同性的关键指标及其关联强度。结果显示, 人均 GDP (0.883)为高度关联因子, 处于系统协调的核心地位; 城乡收入差距倍数(0.696)、高等学校在校学生数(0.693)和生态用水占比(0.674)构成较高关联组, 分别体现了社会公平、人力资本积累和生态资源配置在推动系统协同中的重要作用。其余涉及资源、环境和产业结构的指标多表现为中度关联, 说明其协同潜力尚未得到充分释放。

Table 5. Correlation strength between evaluation indicators and the coupling-coordination degree
表 5. 评价指标与耦合协调度的关联强度

评价项	关联度	排名	关联等级
人均 GDP(万元/人)	0.883	1	高度关联
城乡收入差距倍数	0.696	2	较高关联
普通高等学校在校学生数(人)	0.693	3	较高关联
生态用水占比(%)	0.674	4	较高关联
NDVI	0.649	5	中度关联
单位 GDP 用水量(立方米/万元)	0.647	6	中度关联
人均财政支出(万元/人)	0.644	7	中度关联
医院床位数(张)	0.621	8	中度关联
科技支出占财政支出比重(%)	0.616	9	中度关联
人口密度(人/平方公里)	0.609	10	中度关联
产业结构合理化_泰尔指数	0.598	11	中度关联
建成区绿化覆盖率(%)	0.596	12	中度关联
城镇职工养老保险参保率(%)	0.589	13	中度关联
城镇登记失业率(%)	0.582	14	中度关联
第三产业占 GDP 的比重(%)	0.581	15	中度关联
人均社会消费品零售额(万元/人)	0.571	16	中度关联
人均污水排放量(吨/人)	0.557	17	中度关联
人均耕地面积(公顷/人)	0.552	18	中度关联
人均水资源(立方米/人)	0.545	19	中度关联
单位耕地化肥施用量(吨/公顷)	0.511	20	中度关联
农业用水占比(%)	0.503	21	中度关联
人均公园面积(公顷/人)	0.495	22	中度关联

4. 结论与讨论

4.1. 结论

(1) 2003~2023 年黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展的耦合协调度水平整体偏低,且波动显著,尚未形成持续向好的协同路径。协调状态主要徘徊在“轻度失调”与“初级协调”之间,以“濒临失调”和“勉强协调”为主。结果表明,虽然生态保护与经济高质量发展系统之间已建立一定互动基础,但受制于发展水平不足与结构匹配度偏低,尚未形成稳定高效的互促机制。

(2) 耦合协调度在空间上呈现显著分异。鄂尔多斯市和阿拉善盟具有相对较好的协调基础,而呼和浩特与包头作为区域核心城市,其协调状态波动频繁,未能有效发挥应有的引领作用。乌兰察布与乌海市则长期处于低水平,系统恢复能力不足。总体表现为“核心引领不足、边缘分化明显”的空间格局。

(3) 灰色关联分析结果显示,当前协同机制呈现多元化驱动特征。其中,人均 GDP 是决定性因素,城乡收入差距、高等学校在校生数及生态用水占比亦是重要驱动力。然而,诸如资源效率、产业升级与环境治理等方面的指标大多仍处于中度关联区间,其潜在作用尚未得到充分释放,表明区域协同发展仍

在一定程度上依赖传统路径。

4.2. 讨论

本研究表明,黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展耦合协调度水平整体偏低,长期徘徊在“轻度失调衰退”与“初级协调发展”之间,且空间分异显著,呈现出“双核引领不足、东西分化明显”的格局。这一结果与吕德胜[11]、任保平等[8]关于黄河流域多数地区耦合协调水平仍处于过渡阶段的结论基本一致,说明黄河流域内蒙古段在推动生态保护与高质量协同发展过程中仍面临明显的结构性制约。

从时间演变看,耦合协调度对外部政策、资源波动和经济周期高度敏感,尚未形成内生的稳定互促机制。2008年全球金融危机及2018年后环保政策收紧期间,协调水平出现显著回落,反映出区域发展模式存在较强的外部依赖性与脆弱性。尤其是呼和浩特与包头两大核心城市,协调状态反复波动,表明传统“重经济轻生态、重工业轻服务”的增长路径尚未根本扭转。空间分异格局揭示了不同类型地区的差异化瓶颈。鄂尔多斯、阿拉善等资源型地区协调基础相对较好,但发展仍高度依赖能矿产业,生态水资源虽占优却难以掩盖生态环境脆弱性的风险,需防范资源枯竭与生态退化的双重约束。

在驱动机制方面,灰色关联分析显示,人均GDP仍是系统协同的基础性动力,但其效应已呈边际递减,反映出协同机制仍主要依赖经济规模扩张,而发展质量与生态效益的融合深度不足。城乡收入差距、高校在校生数与生态用水占比等因子的较高关联性表明,人力资本积累、社会公平和水资源优化配置是推动系统由“勉强协调”向“中级协调”提升的关键驱动力。

据此,未来政策需实施分区精准调控:呼和浩特、包头等核心城市应聚焦产业结构优化与创新动能培育,主攻先进制造业与生产性服务业,并通过高耗水行业节水改造、再生水替代及构建“大学-企业”协同创新体系来突破资源与创新约束;鄂尔多斯、阿拉善等资源型地区需实行“水-能-碳”协同管控,严格推行新增产能的等量用水置换并发展“光伏+生态治理”融合模式,以规避资源枯竭与生态退化风险;乌兰察布、乌海等基础薄弱地区则需依托“外部支持+内生增长”组合策略,在加大生态补偿与转移支付的同时,重点发展特色农牧业与分布式新能源,并将县域就业吸纳率与城乡收入差距收敛度作为核心评估指标,以实现公平与发展的协同突破。

本研究构建的综合评价体系与耦合协调模型,丰富了黄河流域,尤其是上游干旱半干旱区的相关研究。然而,仍存在一定局限性:一是指标体系虽较为全面,但在生态韧性和生态产品价值实现的表征方面仍显不足;二是驱动机制分析主要基于统计关联,尚未深入揭示因果路径与反馈机制;三是未充分考虑气候变化、跨区域水资源分配等外部环境变量的影响。后续研究可引入系统动力学模型与机器学习方法,以增强对驱动机制的解释力,并结合实地调研与多源数据融合,提高政策建议的针对性与可操作性。

基金项目

1. 生态大数据教育部工程研究中心开放课题《黄河流域内蒙古段生态环境时空演变及质量评价》;
2. 内蒙古自治区直属高校基本科研业务费项目(项目编号:NCYWT23024)《黄河流域内蒙古段生态保护与高质量发展耦合协同研究》。

参考文献

- [1] 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[J].经济地理,2020,40(1):1-11.
- [2] 刘彦随,周扬,李玉恒.中国乡村地域系统与乡村振兴战略[J].地理学报,2019,74(12):2511-2528.
- [3] 宋洁.新发展格局下黄河流域高质量发展“内外循环”建设的逻辑与路径[J].当代经济管理,2021,43(7):1-8.
- [4] 任保平,杜宇翔.黄河中游地区生态保护和高质量发展战略研究[J].人民黄河,2021,43(2):1-5.

- [5] 牛玉国, 张金鹏. 对黄河流域生态保护和高质量发展国家战略的几点思考[J]. 人民黄河, 2020, 42(11): 1-4+10.
- [6] 宁朝山, 李绍东. 黄河流域生态保护与经济发展协同度动态评价[J]. 人民黄河, 2020, 42(12): 1-6.
- [7] 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[J]. 自然资源学报, 2021, 36(1): 176-195.
- [8] 任保平, 杜宇翔. 黄河流域经济增长-产业发展-生态环境的耦合协同关系[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(2): 119-129.
- [9] 陈景华, 徐金, 刘展豪. 新时代黄河流域生态保护与经济高质量发展的耦合关系及交互影响[J]. 山东财经大学学报, 2023, 35(3): 36-51.
- [10] 刘建华, 黄亮朝, 左其亨. 黄河流域生态保护和高质量发展协同推进准则及量化研究[J]. 人民黄河, 2020, 42(9): 26-33.
- [11] 吕德胜, 王珏, 程振. 黄河流域数字经济、生态保护与高质量发展时空耦合及其驱动因素[J]. 经济问题探索, 2022(8): 135-148.
- [12] 张杰, 谭金明, 蔡丽, 等. 沱江流域水资源-社会经济-生态环境耦合协调度评价[J/OL]. 水利水电快报: 1-11. <https://link.cnki.net/urlid/42.1142.TV.20250606.0912.004>, 2025-10-15.
- [13] 金凤君. 黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略[J]. 改革, 2019(11): 33-39.
- [14] 黄燕芬, 张志开, 杨宜勇. 协同治理视域下黄河流域生态保护和高质量发展[J]. 中州学刊, 2020(2): 18-25.
- [15] 高煜. 黄河流域高质量发展中现代产业体系构建研究[J]. 人文杂志, 2020(1): 13-17.
- [16] 韩海燕, 任保平. 黄河流域高质量发展中制造业发展及竞争力评价研究[J]. 经济问题, 2020(8): 1-9.
- [17] 何苗, 任保平. 黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调的协同推进机制[J]. 经济与管理评论, 2024, 40(1): 15-29.
- [18] 李文雯. 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合关系研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 辽宁大学, 2021.
- [19] 丁瑞杰. 黄河流域生态环境保护与经济高质量发展的耦合协调研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州财经大学, 2023.
- [20] 闫晗, 高聪. 中国跨境电商供应链风险因素研究[J]. 南方经济, 2023(6): 104-121.
- [21] 张芳, 鄯永仙. 数字经济、物流业发展与生态环境耦合协调性分析——基于中部地区数据[J]. 物流科技, 2025, 48(8): 118-123.
- [22] 杨文照. 黄河流域生态保护与高质量发展耦合关系研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古财经大学, 2022.
- [23] 辛韵. 黄河流域生态环境保护与高质量发展的耦合协调性研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2021.
- [24] 王渊钊. 黄河流域宁夏段生态环境保护与高质量发展耦合协调度研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北民族大学, 2022.