

# 2010—2020年贵阳市高质量发展与水资源保护利用的耦合协调关系

唐璐, 李娟, 王丹丹, 郭佳瑶

(贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** [目的] 研究贵州省贵阳市高质量发展与水资源保护利用之间耦合协调状况, 为进一步推动西南喀斯特山区水资源高效供给与水生态环境维护, 统筹推进区域高质量发展提供科学依据。[方法] 运用综合评价、耦合协调度、空间自相关和地理探测器等模型, 对2010—2020年贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调水平、时空分异特征和影响因素进行分析。[结果] 贵阳市高质量发展水平呈显著提升态势, 而水资源保护利用水平呈波动下降趋势。两者的耦合协调度呈现提高态势, 经历了濒临失调—勉强失调的演变过程, 空间上整体呈现中、西部较高, 东部较低分布格局; 二者具有显著空间正相关关系, 高高聚集与低低聚集空间关联较明显。影响因子变动较大, 且双因子增强效应与非线性增强效应明显。[结论] 贵阳市高质量发展与水资源保护利用之间相互依赖程度日益增强, 未来应增强创新第一动力作用, 优化水资源利用结构, 提升“三水”统筹治理能力, 促进区域协调高质量发展。

**关键词:** 贵阳市; 高质量发展; 水资源保护利用; 耦合协调

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)01-0235-09

中图分类号: F127, X37

**文献参数:** 唐璐, 李娟, 王丹丹, 等. 2010—2020年贵阳市高质量发展与水资源保护利用的耦合协调关系[J]. 水土保持通报, 2023, 43(1): 235-243. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2023.01.027; Tang Lu, Li Juan, Wang Dandan, et al. Coupling coordination of high-quality development with water resource protection and utilization in Guiyang City during 2010—2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(1): 235-243.

## Coupling Coordination of High-quality Development with Water Resource Protection and Utilization in Guiyang City During 2010—2020

Tang Lu, Li Juan, Wang Dandan, Guo Jiayao

(School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

**Abstract:** [Objective] The coupling coordination of high-quality development with water resource protection and utilization in Guiyang City, Guizhou Province, were studied in order to provide a scientific basis for further promoting efficient water resource supply and ecological water environment maintenance in southwest karst mountainous areas, thereby promoting regional high-quality development as a whole. [Methods] The research and coordination level, spatial-temporal differentiation characteristics, and factors influencing high-quality development and water resource protection and utilization in Guiyang City from 2010 to 202 were analyzed by using comprehensive evaluation, coupling coordination degree, spatial autocorrelation, and geographic detector models. [Results] The level of high-quality development in Guiyang City has increased significantly over time, while the level of water resource conservation and utilization has fluctuated and decreased. The coupling coordination degree of high-quality development and water resource protection and utilization has shown an increasing trend, and has undergone an evolution process on the verge of malcoordination

收稿日期: 2022-06-29

修回日期: 2022-08-01

资助项目: 贵州省科学技术基金重点项目“喀斯特山区石漠化生态恢复过程土壤水—肥耦合机制研究”(黔科合基础[2020]1Z036); 贵州省百层次创新人才计划项目(黔科合平台人才[2020]6010)

第一作者: 唐璐(1998—), 女(汉族), 贵州省瓮安县人, 硕士研究生, 研究方向为喀斯特资源管理与区域发展。Email: 2583028802@qq.com。

通信作者: 李娟(1976—), 女(汉族), 河南省郑州市人, 博士, 教授, 主要从事喀斯特山区资源环境方面研究。Email: lijuan\_113@126.com。

and barely coordinated areas. The overall spatial distribution pattern was higher in the central and western parts of the city, and lower in the eastern part. The coupling coordination degree had a significant positive spatial correlation, and the spatial correlation between high-high agglomeration and low-high agglomeration was obvious. The influencing factors were highly variable, and the two-factor enhancement effect and non-linear enhancement effect were obvious. [Conclusion] The interdependence between high-quality development and water resource protection and utilization in Guiyang City is increasing. Therefore, in the future, we should enhance the role of innovation as the first driving force, optimize the structure of water resource utilization, improve the capacity to manage “three rivers”, and promote regional coordination and high-quality development.

**Keywords: Guiyang City; high-quality development; water resource protection and utilization; coupling coordination**

党的十九届五中全会明确提出,要以高质量发展为主题推动“十四五”经济社会发展<sup>[1]</sup>。区域高质量发展是社会、经济、自然环境等多种因素相互作用,并实现区域资源合理高效配置的结果<sup>[2]</sup>。但是,随着社会经济的高速发展,水资源供需矛盾越加凸显,水资源短缺、水环境恶化和水生态破坏等问题愈加严峻,这些问题在一定程度上制约着区域高质量发展的进程。

目前,关于水资源保护利用与高质量发展的相关研究在研究理论、方法以及区域实证等领域都开展了诸多有益探讨。从研究范围来看,包括全国<sup>[3]</sup>、流域<sup>[4-5]</sup>、经济带<sup>[6]</sup>、省域<sup>[7]</sup>、城市群等<sup>[8]</sup>多个层面。研究内容则主要涉及 3 个方面:①单从水资源环境承载力的角度探究水资源对社会经济的影响。主要采用了水资源生态足迹<sup>[9]</sup>、TOPSIS 等<sup>[10]</sup>模型对水资源环境承载力进行研究分析;②对高质量发展水平进行测度研究。当前,对高质量发展的内涵并没有统一且明确的定义,多项研究认为高质量发展强调从高速度到更高水平、更高效、更公平的、更可持续的高质量的转变<sup>[11-12]</sup>。较多学者直接运用五大新发展理念创建高质量发展评价指标体系<sup>[13]</sup>,也有学者是在分析高质量发展内涵或主要影响因素的基础上建立指标体系<sup>[14]</sup>;③高质量发展与水资源保护利用的关系研究。刘建华等<sup>[15]</sup>研究黄河下游水资源利用与高质量发展之间关联程度,发现黄河下游高质量发展水平越高的城市,关联程度也相对越强。宋东凌等<sup>[5]</sup>利用耦合协调模型对黄河流域绿色水资源利用率与经济高质量发展耦合协调水平进行分析研究。从已有研究来看,目前关于高质量发展与水资源保护利用的研究成果较多,但仍存在一些不足:①在研究区的选择上,现有研究较多关注大尺度流域或水资源本身较匮乏的区域,而对西南生态较敏感的喀斯特山区城市关注较少。②在研究方法方面,多数研究仅采用单一定量评价模型,而缺少将地理空间统计方法纳入到研究体系中。③在水资源的相关指标体系的构建中,大多

仅着眼于单一的水资源利用方面指标或水资源与水环境双指标,缺乏对水生态指标的统筹考虑。

基于以上分析,本文以贵阳市为研究区,基于高质量发展与“三水”统筹内涵构建指标体系,利用耦合协调度模型分析 2010—2020 年贵阳市高质量发展与水资源保护利用的耦合协调度水平;采用空间自相关法进一步探索两者耦合协调度的时空演化特征;在此基础上,运用地理探测器探究影响其协调发展的主要因素,以期为进一步推动西南喀斯特山区水资源高效供给与水生态环境维护,统筹推进区域高质量发展提供决策支撑。

## 1 区域概况与研究设计

### 1.1 研究区概况

贵阳市(106°07′—107°17′E, 26°11′—27°22′N)位于黔中部地区,地处长江与珠江水系的分水岭,属于亚热带季风性湿润气候,水资源丰沛,但境内地形复杂,岩溶地貌发育致使地表持水能力差,且渗透严重,使其水资源开发利用难度较大<sup>[16]</sup>。近年来,在国家政策的大力扶持下,大量基建项目、资金涌入贵州,作为贵州省会的贵阳市,无疑是“最大受益者”。特别在近十年来,其社会经济发展迅速,城镇化率从 68% 增至 80%,经济增幅更是超过 200%,至 2020 年 GDP 总值达到  $4.31 \times 10^{11}$  元。但这就意味着该区水资源需求不断增加,水环境问题日益突出<sup>[17]</sup>。

### 1.2 内涵诠释与指标体系构建

从宏观层面上看,高质量发展要求经济稳定持续增长、经济运行实现结构性平衡,区域整体发展均衡,以创新为驱动,实现绿色协调发展,让经济发展成果能更多更公平地惠及全民。因此其内涵应包括以下方面的含义:①稳定性增长。在经济发展过程中,没有速度难以谈及质量。因此,在推动高质量发展的同时,必须保持稳定持续的经济增速。②均衡性发展。在高质量发展进程中,保持速度与规模的优势固然重要,但也强调多领域上的协调均衡发展,这就意味

着要注重经济产业结构关系合理化,重视实体经济、进出口贸易、现代金融等协同发展;要促进区域、城乡协调发展。③可持续性环境。高质量发展需要满足人民日益增长的优质文化与优美生态环境需求。因此,要加大教育、科技、环保方面的投入,以创新为驱动,推进绿色健康可持续环境的建设。④公平性社会。高质量发展是为了人民,发展成果应由人民共享。因此,高质量发展的内涵还应涉及社会治理方面,要解决就业、上学等问题,缩小城乡差距,促进经济社会公平正义,增进民生福祉。

水资源作为社会经济高质量发展的重要支撑资源:①需要充足的水资源量才能满足日益增长的人类生产、生活需要;②可以通过推动水环境质量提升与水生态系统修复实现高质量发展对于“质”的要求。因此,统筹考虑水资源、水环境、水生态(三水)成为区域未来水资源保护利用与高质量发展的现实选择与必要途径。

基于以上内涵分析,参考已有研究与资料,遵循科学性、合理性、代表性与数据可得性等原则,本文从稳定性增长、均衡性发展、可持续性环境与公平性社会等 4 个维度构建了贵阳市高质量发展评价指标体系;从水资源、水环境和水生态等 3 个维度构建水资源保护利用评价指标体系。使用极差标准化法对各指标原始值进行标准化处理后,应用熵权法对各指标进行赋权(表 1)。

### 1.3 研究方法 with 数据来源

1.3.1 数据来源 文中数据来源于《贵阳市统计年鉴》(2010—2021)《贵阳市社会发展与国民经济公报》以及各县区的《国民经济与社会发展公报》,关于水资源保护利用指标数据主要来自《贵阳市水资源公报》(2010—2020)。

#### 1.3.2 研究方法

##### (1) 综合评价模型。

$$T_i = \sum_{j=1}^m \omega_{ij} r_{ij} \quad (1)$$

式中: $T_i$  表示高质量发展或水资源保护利用得分; $\omega_{ij}$  表示指标权重; $r_{ij}$  表示指标标准化结果。

(2) 耦合协调度模型。耦合协调度模型适用于多系统之间协调发展变化及水平分析。本文运用耦合协调度模型,研究高质量发展与水资源保护利用的耦合协调性。

$$Y = aX_1 + bX_2 \quad (2)$$

$$C = 2 \times \sqrt{\frac{X_1 X_2}{(X_1 + X_2)}} \quad (3)$$

$$D = \sqrt{YC} \quad (4)$$

式中: $Y$  为高质量发展与水资源保护利用的综合发展指数; $a, b$  为各子系统的权重值,且  $a + b = 1$ ,本文认为两者同等重要,因此取  $a = b = 0.5$ ; $C$  为两者的耦合度,可衡量多系统之间的相互依赖程度; $D$  为两者的耦合协调度,可判断相互耦合作用关系中是否存在良性协调。参考已有文献的研究成果<sup>[18]</sup>,对其等级进行划分(表 2)。

表 1 贵阳市高质量发展与水资源保护利用指标体系

Table 1 High quality development and water resources protection and utilization index system in Guiyang City

系统	一级指标	二级指标	指标类型	权重
高质量发展	稳定性增长 $A_1$	GDP 增长率 $A_{11}$	+	0.047
		城镇新增就业人数 $A_{12}$	+	0.064
		一般公共预算收入 $A_{13}$	+	0.115
		人均消费品零售总额 $A_{14}$	+	0.063
	均衡性发展 $A_2$	旅游总收入 $A_{21}$	+	0.156
		第三产业产值占比 $A_{22}$	+	0.023
		进出口总额 $A_{23}$	+	0.131
		城镇化率 $A_{24}$	+	0.055
	可持续性环境 $A_3$	教育投入强度 $A_{31}$	+	0.028
		综合科技进步水平指数 $A_{32}$	+	0.062
		科技投入强度 $A_{33}$	+	0.054
		节能环保支出占 GDP 比 $A_{34}$	+	0.071
	公平性社会 $A_4$	人均 GDP $A_{41}$	+	0.073
		城乡居民收入差距比率 $A_{42}$	-	0.018
失业率 $A_{43}$		-	0.023	
每万人拥有在校学生数 $A_{44}$		+	0.018	
水资源保护利用	水资源 $B_1$	人均水资源量 $B_{11}$	+	0.074
		产水模数 $B_{12}$	+	0.027
		地下水水资源量 $B_{13}$	+	0.056
		年均降雨量 $B_{14}$	+	0.036
	水环境 $B_2$	水资源开发利用效率 $B_{15}$	+	0.152
		工业废水污染强度指数 $B_{21}$	-	0.151
		生活污水污染强度指数 $B_{22}$	-	0.145
		单位耕地面积化肥施用量 $B_{23}$	-	0.110
	水生态 $B_3$	水面率 $B_{31}$	+	0.059
		生物丰度指数 $B_{32}$	+	0.064
		植被覆盖指数 $B_{33}$	+	0.051
		生态用水率 $B_{34}$	+	0.074

(3) 空间自相关分析方法。空间自相关是分析同一个变量在不同空间位置上的相关性,是空间域中集聚程度的一种度量<sup>[19]</sup>。本文采用全局空间自相关(global Moran's  $I$ )法和局部空间自相关(local Moran's  $I$ )法对贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调时空聚集情况进行识别。global Moran's  $I$ 可反映空间相邻单元的某一属性的相似

度。local Moran's  $I$  可反映局部空间的关联特征。具体计算公式如下:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (P_j - \bar{P})}{S \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij}} \quad (5)$$

式中:  $M$  为莫兰(Moran)指数;  $P$  为研究区观测值;  $n$  为研究区个数;  $S$  为统计量的方差;  $\omega_{ij}$  为空间权

重矩阵。

(4) 地理探测器。地理探测器是探测区域空间异质性及揭示其驱动因子的一种计量地理分析方法<sup>[20]</sup>。本文利用其中的因子探测与交互探测,分析参选因素对贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调度空间分布的解释程度,以及多因素共同作用对其耦合协调的作用。具体公式参照王劲峰等<sup>[20]</sup>研究。

表 2 耦合度及耦合协调度等级划分标准

Table 2 Classification standards of coupling degree and coupling coordination degree

序号	耦合度	等级划分	序号	耦合协调度	等级划分	序号	耦合协调度	等级划分
1	[0.0~0.2]	低度耦合	1	[0.0~0.1]	极度失调	6	(0.5~0.6]	勉强失调
2	(0.2~0.6]	拮抗阶段	2	(0.1~0.2]	严重失调	7	(0.6~0.7]	初级协调
3	(0.6~0.9]	磨合阶段	3	(0.2~0.3]	重度失调	8	(0.7~0.8]	中级协调
4	(0.9~1.0]	高度磨合	4	(0.3~0.4]	轻度失调	9	(0.8~0.9]	良好协调
—	—	—	5	(0.4~0.5]	濒临失调	10	(0.9~1.0]	优质协调

## 2 结果与分析

### 2.1 高质量发展与水资源保护利用综合水平分析

根据综合评价模型计算得出 2010—2020 年贵阳市高质量发展和水资源保护利用的综合得分(图 1),并利用 ArcGIS 分析其时空分布特征(图 2—3)。本文仅以“十一五”“十二五”“十三五”等规划的完成年,即 2010,2015,2020 等年份为分析节点。

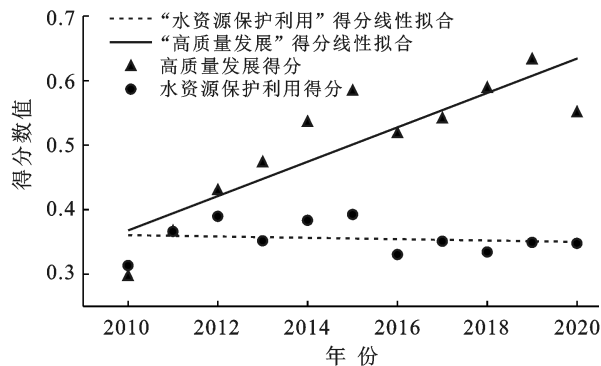


图 1 贵阳市 2010—2020 年高质量发展与水资源保护利用得分  
Fig.1 Scores of high-quality development and water resources protection and utilization in Guiyang from 2010 to 2020

由图 1 可知,2010—2020 年内贵阳市高质量发展得分总体呈现显著上升的态势。具体来看:其高质量发展水平在研究时段从 0.296 4 升到 0.549 7,年均增幅较大,仅在 2016 年与 2020 年分别出现下降。其中 2016 年是“十三五”规划开局之年,贵阳市整体产业结构调整较大,致使其发展减缓;2020 年新冠病毒疫情突然暴发,导致贵阳市经济社会受到较大影响。但整体看来,贵阳市的高质量发展势头依旧稳中向好。

研究时段,贵阳市水资源保护利用水平总体呈波动下降趋势,但波幅较小,2010 年得分最低为 0.313 2,2015 年得分最高达 0.392 3,在 2015 年之后则基本是在 0.34 上下波动。就两者之间互动关系来看,在 2010—2011 年高质量发展水平滞后于水资源保护利用水平,2012 年及之后水资源保护利用水平相对较低,且二者差距逐渐拉大。这说明在该时期贵阳市经济社会发展是以粗放型高速发展为主,在一定程度上忽视了水资源的合理利用、水生态环境的修复与保护。

2.1.1 高质量发展水平时空变化分析 由图 2 可知,在 2010—2020 年,贵阳市内各县(市)区的高质量发展指数均有不同程度的提升。具体来看,2010 年各县(市)区的高质量发展指数整体较低。从空间上看,其北部的高质量发展水平较低于南部,但差距较小。2015 年,空间上出现明显的两极分化,其中以云岩区与南明区的发展水平最高,而修文县的发展水平最低。到 2020 年,贵阳市各县(市)区水平提升明显,但空间格局变化不大,依旧是以云岩区和南明区为核心的空间极化态势。由于该区一直都是作为贵阳市城市发展的核心地带,其经济发展与社会基础设施建设等长期处于优势地位,再加上各种政策扶持,促进该区域的高质量发展水平更高,使其空间发展呈“核心—放射状”模式。

2.1.2 水资源保护利用水平时空变化分析 从图 3 可知,在 2010 年,贵阳市西部与北部水资源保护利用水平较高,这与该时期该区域本身水资源量较多、水生态环境较好有关。2015 年,开阳县、息烽县、观山湖区、乌当区等区域水资源保护利用水平有所提升,而白云区、修文县、南明区等则出现不同程度的下降。

到 2020 年,云岩区、花溪区、南明区、清镇市等南部区域和息烽县的水资源保护利用水平得到提升,而修文县、开阳县等北部区域出现下降。由此可见,随着贵

阳市社会经济快速发展、城镇人口迅增,使得研究时段内贵阳市水资源保护利用水平的空间变化随时间发展趋于分散。

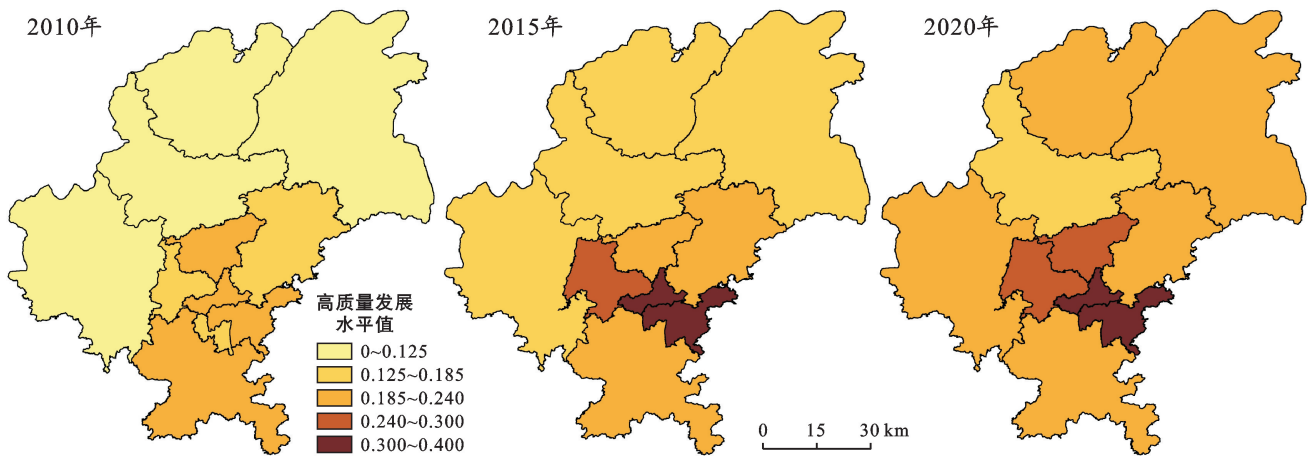


图 2 2010—2020 年贵阳市高质量发展水平时空变化

Fig.2 Spatio-temporal variation of high-quality development level in Guiyang City from 2010 to 2020

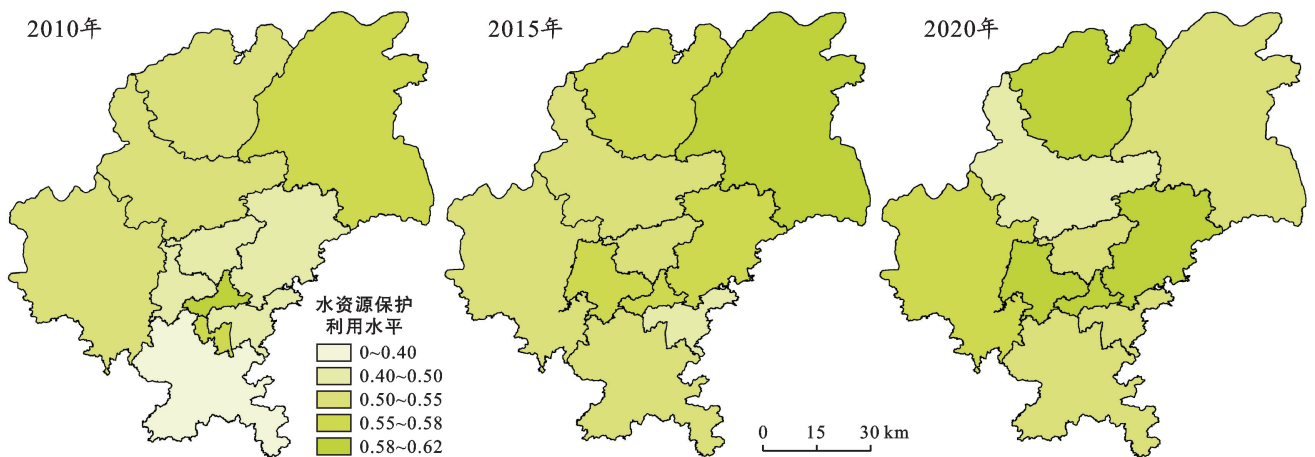


图 3 2010—2020 年贵阳市水资源保护利用水平时空变化

Fig.3 Temporal and spatial changes of water resources protection and utilization in Guiyang City from 2010 to 2020

### 2.2 耦合协调度分析

2.2.1 贵阳市耦合协调度时空演变特征 根据耦合协调度模型,本文测算了贵阳市 2010—2020 年高质量发展与水资源保护利用的耦合协调水平。

(1) 贵阳市耦合协调发展的时序演变规律。据图 4 可知,2010—2020 年,贵阳市高质量发展与水资源保护利用的耦合度和耦合协调度均呈现稳定上升趋势。其耦合度在研究时段介于 0.6~0.85 之间,从表 2 的耦合度等级划分来看,基本处于磨合阶段,在 2015 年之后基本在 0.8 之上,并逐渐趋向高度耦合发展,这表明贵阳市高质量发展子系统与水资源保护利用子系统之间相互依赖程度加深。从耦合协调度来看,在 2010 年,贵阳市高质量发展与水资源保护利用

的耦合协调度仅 0.47,为濒临失调型,随时间演化,其耦合协调主导类型逐渐提升为勉强失调型,在 2015 年之后,耦合协调度达到(0.55~0.6]区间。说明在研究时段两系统的良性互动不断增强,开始互相配合、协调,发展逐渐趋于良性协调发展,但仍属于过渡阶段,整体水平较低。

(2) 贵阳市耦合协调度时空演变特征。从图 5 可知,研究时段内,贵阳市 10 个县(市)区的高质量发展—水资源保护利用的耦合协调度都有所提升,但整体水平依旧较低。2010 年,贵阳市大部分区域的高质量发展—水资源保护利用的耦合协调度都处于濒临失调阶段,除此之外,南明区、云岩区和小河区等 3 个市区处于勉强失调阶段,息烽县处于轻度失调阶

段。从总体空间分布看,中部市区耦合协调度最高,西部与北部地区最低。2015年,贵阳市所有区域耦合协调度均有提升,勉强失调阶段的区域增至7个,初级协调区增加了2个,濒临失调区仅有修文县一个,这说明该阶段贵阳市高质量发展与水资源保护利用的耦合协调水平得到明显提升。2010—2015年,各区的耦合协调度数值提升幅度较大,且空间演绎较为明显。2020年,云岩区、南明区、观山湖区等3个区域处于初级协调阶段,修文县仍处于濒临失调阶段,其余各区均为勉强失调阶段。从2016—2020年,花溪区、乌当区、观山湖区、开阳县、修文县等地区的耦合协调度均有小幅度降低,其余地区的耦合协调度均有提升,但提升幅度较小。在空间上,呈现西部和中部较高,东部较低分布特征。对比2015年,东西方向上的耦合协调度变化状态不稳定,但是波动幅度较小。由此说明,贵阳市各地区的耦合协调差距在东

西方向上有逐渐缩小的态势,区域间的协调性得到一定程度的增加。

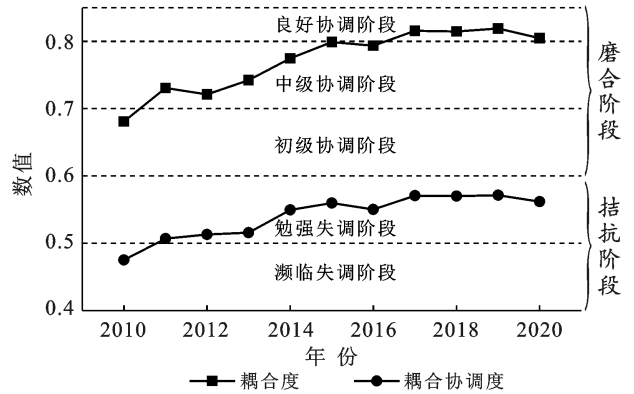


图 4 2010—2020年贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调变化

Fig.4 Coupling and coordinated changes of high-quality development and water resources protection and utilization in Guiyang City from 2010 to 2020

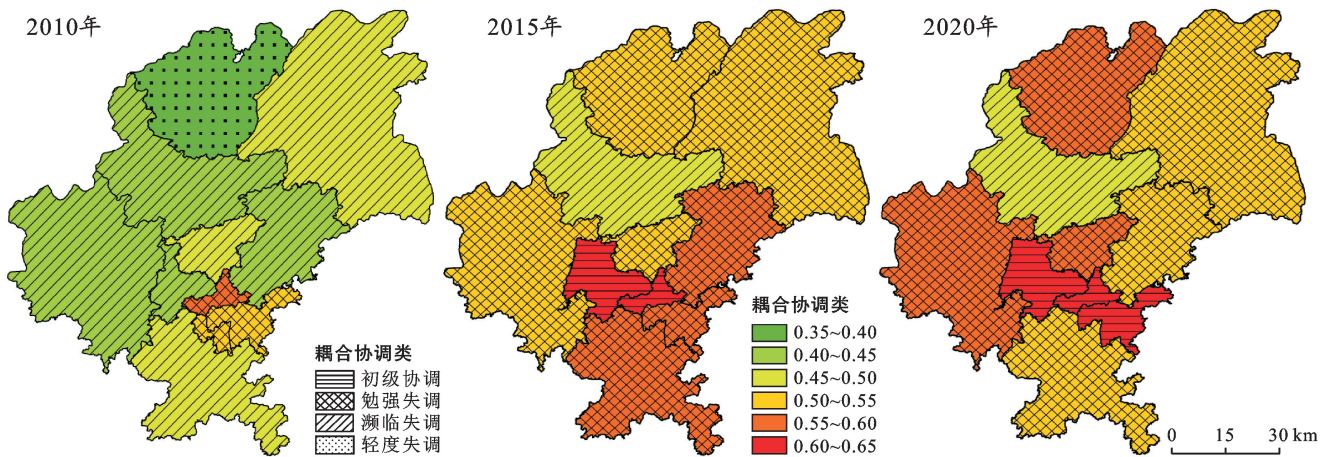


图 5 2010—2020年贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调度时空演变

Fig.5 Spatio-temporal evolution of the coupling coordination degree between high-quality development and water resources protection and utilization in Guiyang City from 2010 to 2020

2.2.2 耦合协调度空间相关性分析 为探究贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调的空间集聚

态势与演变规律,对二者的耦合协调度进行 global Moran's *I* 指数计算(表 3)。

表 3 高质量发展与水资源保护利用耦合协调度的 global Moran's *I* 指数及统计检验结果  
Table 3 Global Moran's *I* index and statistical test results of coupling coordination degree of high quality development and water resources protection and utilization

指标	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2019年	2020年
Moran's <i>I</i>	0.260	0.217	0.387	0.183	0.254	0.162	0.281	0.297	0.205	0.148
<i>z</i> 值	3.038	2.620	3.766	2.447	3.023	2.251	1.966	3.297	2.614	2.066
<i>p</i> 值	0.008	0.021	0.006	0.021	0.009	0.029	0.036	0.010	0.020	0.042

由表 3 可知,研究时段内的 global Moran's *I* 指数均为正值,*Z* 值均大于 1.96,且全部通过显著性检验( $p \leq 0.05$ ),说明在空间上相邻的地区的高质量发展与水资源保护利用的耦合协调水平存在较明显的

空间正相关关系。但具体来看,研究时段内 global Moran's *I* 指数由 0.260 转变为 0.148,表明两者的耦合协调度空间相关性呈现减弱趋势,耦合协调度相近的地区在空间分布上趋于分散,但总体上仍然聚集,

各相邻区域间在空间上存在一定“涓滴效应”,这与贵阳市经济社会发展的实际相符。

为进一步明晰贵阳市各县(市)区高质量发展与水资源保护利用的空间关联特征,利用 GeoDa 软件绘制莫兰散点图(图 6)。

从图 6 可知,研究时段贵阳市大多数地区分布于第 I, II 象限。第 I 象限(HH 聚集区),稳定集中云岩区、南明区和观山湖区等地区。2020 年之前花溪区也是属于高高集聚区,但是之后趋于低高(LH)集聚特征。贵阳市中部地区是高高集聚最多的变化最稳定的区域,说明该地区的高质量发展与水资源保护利用发展都取得了较高成果,使其协调发展程度呈现

日趋增强态势,由此形成了发展核心,使得高值聚集态势愈加明显,促使处于第 II 象限(LH 聚集区)的地区不断增加,到 2020 年增加至 5 个,说明耦合协调度低值区受高值区的带动较强。处于第 III 象限(LL 聚集区)的地区多位于贵阳市北部或西北部,主要包括息烽县、开阳县与修文县,其主要原因在于该区域社会发展经济程度相对较低,高质量发展与水资源保护利用耦合协调水平较低,但 2020 年该象限地区有所减少。而第 IV 象限(HL 聚集区)没有行政区分布,说明在研究时段贵阳市的耦合协调度高值地区受低值的影响非常小,在空间分布上没有出现高低集聚的现象。

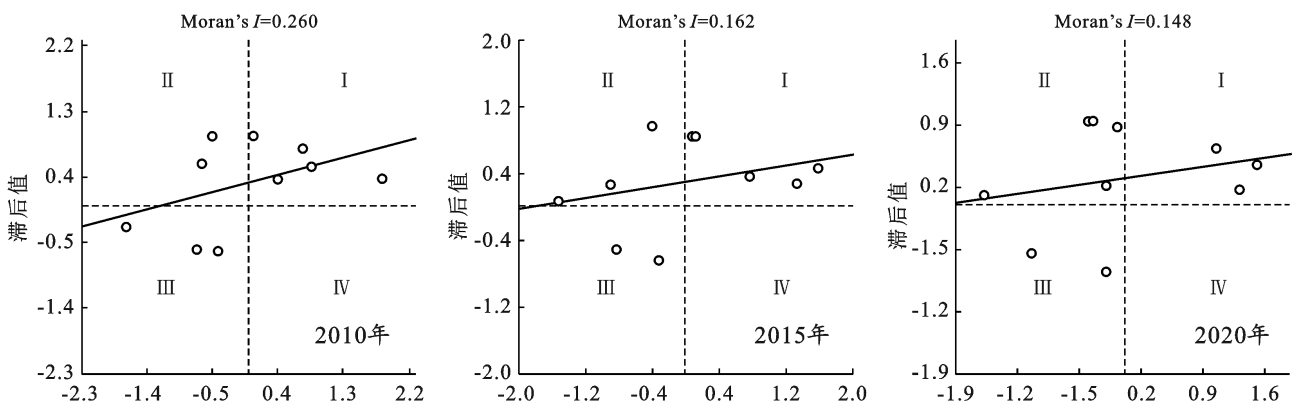


图 6 2010—2020 年贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调度的莫兰散点图

Fig.6 Moran scatter plots of coupling coordination degree between high-quality development and water resources protection and utilization in Guiyang City from 2010 to 2020

### 2.3 耦合协调度时空分异的影响因素分析

通过上文分析发现,贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调度的空间分布存在较为明显的空间分异性,但其影响机理尚不明确。因此,本文在考

虑到贵阳市的实际情况的基础上,从经济发展、社会文明、水资源利用、自然环境等 4 个维度选取 12 个因子(表 4),运用地理探测器识别与分析其主要驱动因子。

表 4 贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调的影响因素  
Table 4 Influencing factors of coupling coordination between high quality development and water resources protection and utilization in Guiyang City

准则层	影响因子	代码	因子释意
经济发展	GDP 增长率	$X_1$	区域经济发展速度
	第三产业产值占比	$X_2$	区域第三产业发展水平
	人均消费品零售总额	$X_3$	区域居民的潜在消费能力
社会文明	教育投入强度	$X_4$	区域教育重视程度
	科技投入强度	$X_5$	区域科技重视程度
	城乡居民收入差距比率	$X_6$	区域城乡发展平衡程度
水资源利用	人均水资源量	$X_7$	区域所具备的水资源禀赋条件
	水资源开发利用率	$X_8$	区域水资源开发利用能力水平
	生态用水率	$X_9$	区域生态需水的满足程度
自然环境	植被覆盖指数	$X_{10}$	区域森林资源与绿化水平
	工业废水污染强度指数	$X_{11}$	区域工业废水对环境污染程度
	生活污水污染强度指数	$X_{12}$	区域生活污水对环境污染程度

2.3.1 因子探测分析 本文利用 ArcGIS 的自然间断法将各因子离散为 5 个等级,然后导入地理探测器分析其解释作用,结果见图 7。

本文将因子探测结果中通过显著性检验,且解释力值超过 0.6 的因子判定为主控因子。由图 7 可知,2010 年影响贵阳市高质量发展与水资源保护利用时空耦合协调演变的主控因子为水资源开发利用率、人均消费品零售总额、教育投入强度、人均水资源量、城乡居民收入差距比例等。水资源开发利用率是影响其空间分异的首位因子,解释力高达 0.92,人均水资源量的解释力也较高,这说明在该时段,贵阳市内充足的可用水资源供应量与水资源开发利用能力对地区高质量发展与水资源保护利用协调起到了很大带动作用。而经济发展方面的因子解释力较低,说明当时贵阳市的经济发展水平较低,对其高质量发展与水资源保护利用的协调与驱动作用较小。

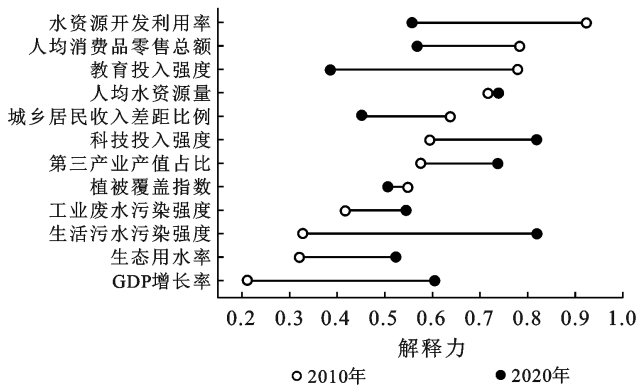


图 7 贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调度因子探测器结果

Fig.7 Results of the coupling coordination degree factor detector of high quality development and water resources protection and utilization in Guiyang City

2020 年,影响贵阳市高质量发展与水资源保护利用时空耦合协调度差异的主控因子依然有 5 个,在经济发展方面包括 GDP 增长率与第三产业产值占比两个指标,说明相对快速的经济发展与产业结构的调整成为促进贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调发展的重要驱动力。然而,生活污水污染强度因素解释力大幅增加,则说明大量人口涌入贵阳市,使得自然环境对区域耦合协调产生了更大的影响力。而科技投入强度的解释力数值排名靠前则说明了贵阳市近年来创新能力有显著提升,这对推进高质量发展与水资源环境保护利用耦合协调提升提供了重要推动力。人均水资源量指标仍然是主控因子之一,但相比 2010 年有所降低,说明水资源禀赋情况虽依然对耦合协调水平有重要支撑作用,但其对贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调水平的驱动作用在逐渐降低。

2.3.2 交互探测分析 从图 8 的交互探测结果来看,任意两个指标交互作用后出现双因子增强效应和非线性增强效应,且多数体现为双因子增强。表明贵阳市高质量发展和水资源保护利用耦合协调时空分异格局是多种影响因子共同作用的结果。同时,在任意双因子的相互作用下区域耦合协调发展的差异趋于减小,交互因子的影响作用显著增强。在经济发展方面,第三产业产值比例与人均消费零售总额交互后的解释力最强;在社会文明方面,教育投入强度与科技投入强度交互后的解释力最强;在水资源利用方面,人均水资源量与水资源开发利用率交互后的解释力显著高于单一指标;在自然环境方面,工业废水污染强度与生活污水污染强度交互后的影响作用最大。这都说明各准则层的发展水平受指标层综合作用的影响与制约,在双因子交互后产生的影响力对其有更强的揭示作用。

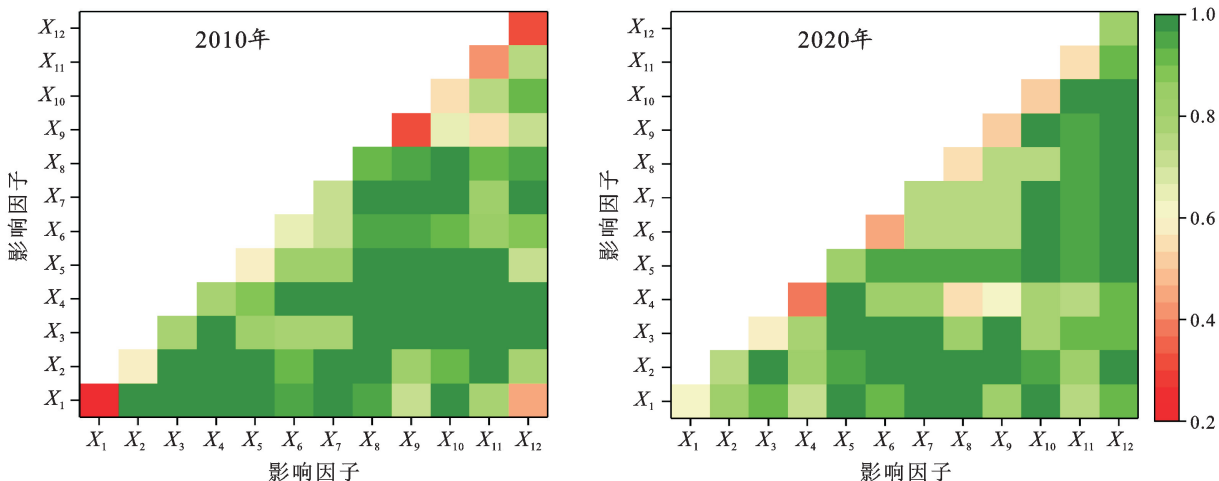


图 8 贵阳市高质量发展与水资源保护利用耦合协调度交互探测器结果

Fig.8 Results of coupling coordination degree interaction detector between high quality development and water resources protection and utilization in Guiyang City



### 3 结论与对策

#### 3.1 结论

(1) 2010—2020年贵阳市高质量发展水平总体呈现显著上升的态势,提升速度较快。空间上呈现出“核心—放射状”的空间发展模式。贵阳市水资源保护利用水平呈波动式下降趋势。就二者相互作用来看,已由高质量发展滞后转变为水资源保护利用滞后,且二者差距趋于拉大。

(2) 2010—2020年贵阳市高质量发展与水资源保护利用之间耦合度和耦合协调度均呈现提高态势,其耦合水平处于磨合阶段,耦合协调度经历了濒临失调—勉强失调的演变过程,总体仍处于过渡阶段。从空间层面看,在云岩区与南明区附近存在高值锁定现象,低水平协调区则逐渐向东南转移,整体呈现中部与西部较高、东部较大的分布格局;贵阳市高质量发展与水资源保护利用的耦合协调度在空间上有正向自相关性,且呈现出明显的高高集聚与低高集聚的空间关联特征。

(3) 从影响因素层面来看,当前GDP增长率、第三产业产值、生活污水污染指数强度、科技投入强度等主控因子的驱动影响作用在增强,而人均水资源量的驱动影响作用在逐渐较弱;各因子之间的交互作用显示出明显的“1+1>2”的双因子增强效应与非线性增强效应,且以“双因子增强”为主。

#### 3.2 建议

(1) 以高质量发展为主线,优化水资源利用结构,提升区域“三水”统筹治理能力,推行绿色可持续发展新模式。一方面,受地理环境与水资源禀赋等条件的限制,各地区应以水资源管理“三条红线”为控制底线,强化水资源的刚性约束,切实以水定地、以水定产、以水定人、以水定城等原则推进产业、人口和城市合理规划发展,践行高质量发展。另一方面,应统筹区域水资源、水环境、水生态等“三水”治理能力,加强水资源保护,强化水生态空间管控,推进水生态环境保护与修复。

(2) 补齐低水平区域发展短板,实现耦合协调发展。抓住“强省会”战略建设机遇,充分发挥南明区、云岩区等贵阳市核心地带的辐射带动作用,加强各地区之间在水资源管理与利用、产业发展、基础设施建设等方面的合作,缩小贵阳市地区高质量发展与水资源保护利用耦合协调空间差距。

(3) 坚持增大科技投入,提升区域创新支撑能力。应坚持把创新作为引领贵阳市高质量发展的第

一动力,在优化产业结构、扩大对外开放等经济发展过程中,增加科技或创新领域的投入,增强创新对贵阳市经济高质量发展的支撑力与引领作用。同时,依靠科技创新水资源高效利用或节水技术,提升水资源生产效能,在增加经济效益的同时减少生产对生态环境的破坏,从而促进高质量发展与水资源保护利用协调发展。

#### [参考文献]

- [1] 黄润秋.深入贯彻落实党的十九届五中全会精神协同推进生态环境高水平保护和经济高质量发展[J].环境保护,2021,49(S1):13-21.
- [2] 王冰.黄河流域高质量发展水平测度及其耦合协调性研究[J].财经理论研究,2022(3):14-26.
- [3] 陈素景,孙根年,韩亚芬,等.中国省际经济发展与水资源利用效率分析[J].统计与决策,2007(22):65-67.
- [4] Liu Yi, Yang Liyuan, Jiang Wei. Coupling coordination and spatiotemporal dynamic evolution between social economy and water environmental quality: A case study from Nansi Lake Catchment, China [J]. Ecological Indicators, 2020,119:106870.
- [5] 宋冬凌,马悦.黄河流域绿色水资源利用率与经济高质量发展耦合研究:以河南省为例[J].生态经济,2021,37(5):14-19.
- [6] 汪倩,陈军飞,邓梦华.长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度评价研究[J].生态经济,2022,38(4):163-169.
- [7] 旺旺,铁舒雅,杨森.陕西省水资源与经济高质量发展耦合关系研究[J].水利科技与经济,2021,27(2):1-6.
- [8] 吕素冰,马钰其,冶金祥,等.中原城市群城市化与水资源利用量化关系研究[J].灌溉排水学报,2016,35(11):7-12.
- [9] 卢亚丽,徐帅帅,沈镭.基于胡焕庸线波动的长江经济带水资源环境承载力动态演变特征[J].自然资源学报,2021,36(11):2811-2824.
- [10] 程度良,李九一,宋小燕,等.基于改进TOPSIS算法的鄂尔多斯市水资源承载力综合评价[J].水利水电技术(中英文),2022,53(6):101-110.
- [11] 李金昌,史龙梅,徐嵩婷.高质量发展评价指标体系探讨[J].统计研究,2019,36(1):4-14.
- [12] 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[J].管理世界,2019,35(7):1-7.
- [13] 孙豪,桂河清,杨冬.中国省域经济高质量发展的测度与评价[J].浙江社会科学,2020(8):4-14.
- [14] 郭芸,范柏乃,龙剑.我国区域高质量发展的实际测度与时空演变特征研究[J].数量经济技术经济研究,2020,37(10):118-132.

(下转第262页)

- [19] 陈雯,孙伟,吴加伟,等.长江经济带开发与保护空间格局构建及其分析路径[J].地理科学进展,2015,34(11):1388-1397.
- [20] 李建新,梁曼,钟业喜.长江经济带经济与环境协调发展的时空格局及问题区域识别[J].长江流域资源与环境,2020,29(12):2584-2596.
- [21] 孙斌,徐渭,薛建春,等.黄河流域城市群城镇化与生态环境耦合协调预测[J].地球科学与环境学报,2021,43(5):887-896.
- [22] Breiman L. Random forests [J]. Machine Learning, 2001,45(1):5-32.
- [23] 马玥,姜琦刚,孟治国,等.基于随机森林算法的农耕区土地利用分类研究[J].农业机械学报,2016,47(1):297-303.
- [24] 王建军,代宗利,侯晓文.跨科室资源共享模式下择期病人手术室调度研究[J].系统工程理论与实践,2021,41(11):2947-2962.
- [25] Tan Tan, Chen Ke, Xue Fan, et al. Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach [J]. Journal of Cleaner Production, 2019,219:949-959.
- [26] Strobl C, Boulesteix A L, Kneib T, et al. Conditional variable importance for random forests [J]. BMC Bioinformatics, 2008,9:307.
- [27] Chen Faan, Wang Jianjun, Deng Yajuan. Road safety risk evaluation by means of improved entropy TOPSIS-RSR [J]. Safety Science, 2015,79:39-54.
- [28] 袁汝华,王霄汉.基于 Pythagoras-TOPSIS 法的长三角水资源承载力综合评价分析[J].科技管理研究,2020,40(15):71-79.
- [29] 吕府红.长江经济带省域水环境安全评估与比较研究[D].湖北 武汉:中南财经政法大学,2019.
- [30] 中华人民共和国中央人民政府.国家发展改革委关于印发长江中游城市群发展“十四五”实施方案的通知[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/16/content\\_5679303.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/16/content_5679303.htm), 2022-02-15.
- [31] 薄立明,魏伟,尹力,等.2000—2020年长江经济带水生态空间格局变化及其影响要素[J].中国环境科学,2023,43(2):874-885.
- [32] 田泽,徐志鹏,任阳军.长江经济带新型城镇化对水资源与经济协调发展的影响[J].水利经济,2022,40(5):14-22,93.
- [33] 胡阿芹,谢乃明.流域水环境承载力动态演化机制研究[J].生态经济,2022,38(8):146-152.
- [34] 傅晓华,杨欣欣,宋心语.基于 DPSIR-TOPSIS 模型长江经济带资源环境承载力评价[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2022,16(6):38-47.
- [35] 王保乾,杨晖,竺运.长江经济带水资源承载力综合评价研究[J].资源与产业,2020,22(1):1-11.
- [36] 范芹.灰色关联模型下长江经济带生态环境评价[J].统计与决策,2018,34(24):117-119.
- [37] 林娜,张迪,潘建平,等.长寿区长时序生态质量评价及影响因素分析[J/OL].长江科学院院报:1-7[2023-03-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1171.tv.20221223.1559.009.html>.

(上接第 243 页)

- [15] 刘建华,黄亮朝.黄河下游水资源利用与高质量发展关联评估[J].水资源保护,2020,36(5):24-30.
- [16] 张育林,程星,王恒松,等.贵阳市乌当区北部地下水资源特征与开发利用研究[J].贵州科学,2018,36(6):74-80.
- [17] 许国钰,杨振华,任晓冬,等.水环境脆弱性背景下人口—经济—生态空间格局优化:以贵阳市为例[J].生态经济,2018,34(9):172-178.
- [18] 谢小飞,马亚飞,焦琳惠.生态保护与经济高质量发展的影响因素分析[J].开发研究,2021(6):26-33.
- [19] Zhang Qian, Shen Juqin, Sun Fuhua. Spatiotemporal differentiation of coupling coordination degree between economic development and water environment and its influencing factors using GWR in China's Province [J]. Ecological Modelling,2021,462:109794.
- [20] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.