

云南省城市化与水源的耦合协调发展研究

童彦¹, 潘玉君², 张梅芬¹, 张玲¹

(1. 曲靖师范学院 文化旅游学院, 云南 曲靖 655011; 2. 云南师范大学 旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092)

摘要: [目的] 研究城市化系统与水源的相互作用, 为正确评价城市化与水源耦合协调关系提供科学依据, 进而为促进区域人口、资源、经济及生态环境的协调发展提供决策参考。[方法] 运用耦合协调发展相关研究成果, 从人口城市化、土地城市化和社会城市化 3 方面构建城市化评价指标体系; 从水源禀赋、水源压力和水源管理 3 方面构建水源评价指标体系, 进而构建城市化与水源耦合协调发展评价指标体系。以 2008—2017 年相关数据为支撑, 定量测算云南省多年城市化与水源耦合度、发展度和协调度, 并根据协调发展类型划分标准对研究时段内云南省城市化与水源的协调发展类型和对比类型进行划分, 并在此基础上对二者的协调状态进行评估; 同时在 GIS 技术支持下, 分别以 2008 和 2017 年为时间节点, 揭示不同时段云南省各市(州)城市化与水源协调发展的空间格局特征与空间格局的变化特征。[结果] ①从时间序列特征看, 云南省城市化与水源协调发展先后经历了 2 个阶段, 即磨合阶段和协调阶段; ②自 2013 年起由城市化滞后向水源滞后转变; ③从空间格局特征看, 呈现以昆明市为中心, 从中部“协调型”逐步转变为边缘“失调型”的空间格局。[结论] 云南省城市化与水源之间的相互依赖程度高, 协调发展与总体发展趋势良好, 但空间差异显著; 城市化进程促进了水源效率提高, 同时水源对经济社会发展支撑能力的提高又有效推动了城市化进程。

关键词: 城市化; 水源; 耦合协调; 云南省

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2020)06-0243-06

中图分类号: F293.2

文献参数: 童彦, 潘玉君, 张梅芬, 等. 云南省城市化与水源的耦合协调发展研究[J]. 水土保持通报, 2020, 40(6): 243-248. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.06.035; Tong Yan, Pan Yujun, Zhang Meifen, et al. Coupling and coordinated development of urbanization and water resources in Yunnan Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(6): 243-248.

Coupling and Coordinated Development of Urbanization and Water Resources in Yunnan Province

Tong Yan¹, Pan Yujun², Zhang Meifen¹, Zhang Ling¹

(1. College of Cultural Tourism, Qujing Normal University, Qujing, Yunnan 655011, China;

2. College of Tourism and Geography Sciences, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650092, China)

Abstract: [Objective] The interaction between urbanization system and water resource system was studied in order to provide a scientific basis for the correct evaluation of the coupling and coordination relationship between urbanization and water resources, and to provide decision reference for promote the coordinated development of regional population, resources, economy and ecological environment. [Methods] Apply coupling and coordination research achievement, the urbanization evaluation index system was established from three aspects of population urbanization, land urbanization and social urbanization build. Water resource evaluation index system was established from water resources levels, water resource stress and water resource management, and then the coupling and coordination index system about urbanization and water resources was established. Based on the relevant data from 2008 to 2017, the coupling degree development index and coordinated development degree between urbanization and water resources in Yunnan

收稿日期: 2020-07-08

修回日期: 2020-08-18

资助项目: 国家自然科学基金项目“云南少数民族地理: 空间结构、地理观念和入地关系预警研究”(41261033); 云南省哲学社会科学规划课题(QN2018016); 云南省教育厅科学研究基金项目(2021J0500); 曲靖师范学院重点课程《地貌学》(ZDKC2016004); 国家级大学生创新创业训练计划(20200114Z); 曲靖师范学院精品课程《世界地理》(JPKC2016006)

第一作者: 童彦(1983—), 女(汉族), 四川省越西县人, 硕士, 副教授, 主要从事城市化与区域发展的教学和科研工作。Email: tongyan0210@163.com。

通讯作者: 潘玉君(1965—), 男(汉族), 黑龙江省齐齐哈尔市人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源与可持续发展研究、理论地理学研究。Email: 13888346995@139.com。

Province was quantitatively calculated. According to the classification of coordinated development types, the coordinated development types and comparison types in Yunnan Province during the study period were divided, and the coordination status was evaluated. At the same time, with the support of GIS technology, taking 2008 and 2017 as the time points, the spatial pattern characteristics and spatial pattern of variation characteristics between urbanization and water resources in different cities (states) in Yunnan Province were studied. [Results] ① From the characteristics of time series, the coordinated development of urbanization and water resources experienced two phases, namely, run-in phase and coordination phase. ② The urbanization lag had shifted to water resources lag since 2013 in Yunnan Province. ③ From the feature of spatial pattern, the spatial pattern with Kunming City as the center gradually changed from the central “coordination” to the edge “disorder”. [Conclusion] There is a high degree of interdependence between urbanization and water resources in Yunnan Province. The coordinated development and overall development trend is good, but the spatial difference of the coordinated development types is significant. The process of urbanization has promoted the efficiency of water resources, at the same time, the improvement of support of water resources for economic and social development effectively promoted the process of urbanization.

Keywords: urbanization; water resources; coupling and coordination; Yunnan Province

水不仅是重要自然资源,而且还是战略性经济社会资源,同时还是一个国家综合国力的有机组成部分^[1]。随着城市化进程加快,导致水资源压力增大。作为城市化发展的重要支撑要素,水资源与城市化之间存在着复杂的关系^[2]。目前国内外学者对城市化与水资源之间的关系进行了一些研究,主要围绕水贫困与城市化的协调关系研究、水资源对经济社会发展的支撑能力研究、用水指标与与城市化指标关联性分析、用水效率与城市化水平的关系等方面展开。

例如, Srinivasan 等^[3]研究了印度 Chennai 地区水资源与城市化之间的相互关系,并提出政府应采取更多措施来解决水资源短缺。冯文文等^[4]通过耦合协调模型,对西安市城市化与水资源环境耦合关系及未来趋势进行研究;张勇等^[5]运用水资源开发利用率,通用动态耦合模型对广西北部湾经济区水资源支撑能力与城市化系统的协调发展态势进行研究,认为两系统一直处于极限发展阶段,但用水边际性明显;李欢等^[6]通过构建水贫困及城市化发展模型,对湖南省水贫困及城市化水平进行测度,定量评估水贫困与城市化耦合协调关系的时空变化;海霞等^[7]运用超效率数据包络模型,定量分析京津冀城市群不同行业的用水效率,从经济、社会、人口与土地等不同城市化角度,全面分析了城市发展水平与农业、工业、生活三大行业用水效率之间的相互关系。华佳等^[8]通过确立淮安市城市化指标和用水指标,利用灰色关联法对二者的相互关系进行分析,并对用水潜力和人口承载力进行预测。丛东来等^[9]运用层次分析法、因子分析法和响应度模型对哈尔滨市水资源开发利用和城镇化发展的响应关系进行研究。综上所述,就研究方法而言,城市化与水资源关系的研究多采用耦合协调模

型、数据包络模型、响应度模型等定量分析方法;就研究区域而言,对城市群或干旱半干旱地区的研究较多,对水资源总量很丰富的西南地区关注较少。

鉴于此,本研究以水资源总量居全国第 3 的云南省为例,探讨其城市化系统与水资源的相互作用,为正确评价云南省城市化与水资源耦合协调关系提供科学依据,进而为促进区域人口、资源、经济及生态环境的协调发展提供决策参考。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区概况

云南省地处我国西南边疆,北纬 21°9′—29°15′,东经 97°31′—106°12′。云南省土地面积为 3.94×10^5 km²,其中 84% 为山地;气候以亚热带山地和高原季风气候为主,干、湿季节分明,具有明显的垂直分异;降水以降雨为主。水资源总量丰富,多年平均水资源总量约 2.21×10^{11} m³,仅次于西藏、四川两省区,居全国第 3 位^[10]。受地形、海拔、降水量的时空分布和经济社会发展等自然因素和人文因素的影响,水资源空间分布极不均匀,呈现出西多东少,南多北少,山区多,河谷平坝少的总体空间分布特征。此外,水资源与经济发展要素不匹配,占全省土地面积 6% 的坝区,集中了 2/3 的人口和 1/3 的耕地,但水资源量却只有全省的 5%;滇中城市群人均水资源量仅为 700 m³ 左右,处于缺水状态^[11-16]。改革开放以来,云南省城市化水平有了很大提高,截至 2017 年全省建成区面积达 1 844.87 km²,城区人口为 1 388.21 万人,相比 2008 年,建成区面积增加 694.5 km²,年平均增长率为 6.03%;城区人口增加 428.9 万人,年平均增长率为 4.47%。

1.2 数据来源

云南省及各市(州)多年城市化相关数据与水资源数据来源于《云南统计年鉴》与《云南水资源公报》。在采集以上基础数据后,建立多年城市化与水资源基础数据库。在 GIS 技术支持下,运用 ArcGIS 10.2 软件,揭示云南省城市化与水资源耦合协调发展的时

间序列特征与空间格局特征。

1.3 研究方法

1.3.1 指标的选择 基于上述对云南省水资源状况与城市化进程的认识,遵循科学性、层次性、代表性、可获取性等原则^[17],选取 18 项指标构建云南省城市化与水资源耦合协调发展评价指标体系(表 1)。

表 1 云南省城市化与水资源耦合协调关系评价指标体系

目标层	准则层	措施层	权重
城市化	人口城市化(0.469 81)	城市人口比重/%	0.094 85
		二三产业劳动者比重/%	0.091 87
		人均 GDP(元/人)	0.094 84
	土地城市化(0.254 82)	工业总产值/亿元	0.106 73
		二、三产业产值比重/%	0.081 52
		城市建成区面积/km ²	0.097 80
	社会城市化(0.275 37)	人均公园绿地面积/m ²	0.078 43
		建成区绿化覆盖率/%	0.078 59
		每千人拥有医生数/人	0.090 23
水资源	水资源禀赋(0.291 56)	社会消费品零售总额/亿元	0.092 04
		城镇居民年平均可支配收入/元	0.093 10
		人均水资源拥有量/(m ³ /人)	0.148 38
	水资源压力(0.414 71)	人均耕地灌溉面积(hm ² /人)	0.143 18
		人均用水量/(m ³ /人)	0.127 73
		万元 GDP 用水量(m ³ /万元)	0.147 14
	水资源管理(0.293 73)	工业废水排放总量/10 ⁸ t	0.139 83
		城市污水处理率/%	0.157 88
		人均水库总库容(m ³ /人)	0.135 85

1.3.2 分类标准 在参考现有研究成果基础上^[18-21],将城市化与水资源协调发展水平分为 3 个阶段(协调阶段、磨合阶段和失调阶段),10 种发展类型;同时根据测算结果,将城市化与水资源的对比关系划分为:水资源与城市化同步发展型、城市化发展滞后型和水资源滞后型 3 种对比类型,具体划分标准详见表 2。

表 2 云南省城市化与水资源协调发展类型划分

协调发展阶段	协调度区间(D)	协调发展类型	对比类型
失调阶段	0 ≤ D ≤ 0.1	极度失调	水资源与城市化同步发展型; 城市化发展滞后型; 水资源滞后型。
	0.1 < D ≤ 0.2	严重失调	
	0.2 < D ≤ 0.3	中度失调	
	0.3 < D ≤ 0.4	低度失调	
磨合阶段	0.4 < D ≤ 0.5	濒临失调	
	0.5 < D ≤ 0.6	勉强协调	
协调阶段	0.6 < D ≤ 0.7	初级协调	
	0.7 < D ≤ 0.8	中度协调	
	0.8 < D ≤ 0.9	良好协调	
	0.9 < D ≤ 1	优质协调	

1.3.3 数据标准化处理 由于城市化与水资源评价指标存在数量级、量纲和指标属性的差异^[22],因此需要对指标原始数据进行标准化处理。本研究中,采用标准差标准化法对原始数据进行标准化处理。计算公式为:

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (1)$$

式中: x_{ij}' 为第 i 个年份的第 j 项指标的标准化数据; \bar{x}_j, s_j 分别为第 j 项指标的平均值和第 j 项指标的标准差。

1.3.4 权重的确定 确定指标权重的方法主要有层次分析法(AHP)、主成分分析法、熵权法、变异系数法、德尔菲法(Delphi)等。其中,熵权法通过指标信息熵的计算确定指标权重,能较好地消除了人为因素对指标权重确定的影响^[23],故本文采用熵权法确定指标权重。其计算结果详见表 1。

1.3.5 耦合度模型 本文引入耦合度模型,把城市化与水资源两个系统相互作用彼此影响的现象定义为城市化与水资源的耦合。通过耦合度的计算,评价两系统相互作用的强弱程度。耦合度越大,系统之间

的发展方向越有序,关系越趋于稳定^[24-26]。其计算公式为:

$$U/W = \sum_{j=1}^n x_{ij}' \cdot W_j \quad (2)$$

$$C = \frac{2\sqrt{U \cdot W}}{U+W} \quad (3)$$

式中: U, W 分别为城市化综合发展水平和水资源综合水平; x_{ij}' 为第 i 个年份的第 j 项指标的标准化数据; W_j 为第 j 项指标的权重; C 为耦合度, $C \in [0, 1]$ 。

1.3.6 耦合协调度模型 由于耦合度只揭示系统间相互影响、相互作用的程度,无法反映城市化与水资源的协调发展状态。因此,在耦合度计算的基础上,引入耦合协调度模型,定量测算云南省城市化与水资源的协调发展状态。划分标准详见表 2。其计算公式为:

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (4)$$

$$T = \alpha \cdot U + \beta \cdot W \quad (5)$$

式中: D 为耦合协调度; T 为城市化与水资源的综合发展指数; U, W 分别为城市化综合发展水平和水资源综合水平; α, β 为待定系数,本研究认为两系统的贡献度同等重要,因此取 $\alpha = \beta = 0.5$ ^[27]。

2 结果与讨论

根据公式(2)–(5)计算得到 2008—2017 年云南省城市化与水资源耦合度、发展度与协调度,并根据协调发展类型划分标准(表 2)对研究时段内云南省城市化与水资源协调发展类型和对比类型进行划分结果(详见表 3),并在此基础上对二者的协调状态进行定量评价。

表 3 云南省城市化与水资源协调性评价结果

年份	城市化综合指数(U)	水资源综合指数(W)	耦合度(C)	发展度(T)	协调度(D)	协调发展类型	对比类型
2008	0.085 7	0.296 6	0.834 0	0.191 1	0.399 2	低度失调	城市化滞后型
2009	0.191 7	0.310 2	0.971 7	0.251 0	0.493 8	濒临失调	城市化滞后型
2010	0.341 6	0.490 5	0.983 8	0.416 0	0.639 8	初级协调	城市化滞后型
2011	0.440 6	0.462 7	0.999 7	0.451 7	0.672 0	初级协调	城市化滞后型
2012	0.543 0	0.561 1	0.999 9	0.552 1	0.743 0	中度协调	城市化滞后型
2013	0.642 8	0.606 8	0.999 6	0.624 8	0.790 3	中度协调	水资源滞后型
2014	0.726 1	0.669 9	0.999 2	0.698 0	0.835 1	良好协调	水资源滞后型
2015	0.780 5	0.701 5	0.998 6	0.741 0	0.860 2	良好协调	水资源滞后型
2016	0.878 0	0.773 7	0.998 0	0.825 9	0.907 9	优质协调	水资源滞后型
2017	0.978 1	0.812 6	0.995 7	0.895 3	0.944 2	优质协调	水资源滞后型

2.1 城市化与水资源协调发展的时间序列特征分析

2.1.1 城市化与水资源耦合度 C 与发展度 T 分析

城市化与水资源耦合度 C 反映了两系统内部的依赖程度。由表 3 可知,云南省城市化与水资源耦合度 C 在 2008 年为 0.834 0,自 2009 年起,耦合度 C 值均在 0.9 以上。随着城市化进程,云南省人口城市化、土地城市化和经济城市化各项指标均呈逐年上升趋势。与此同时,水资源系统中,万元 GDP 用水量逐年下降,城市污水处理率逐年增加,水资源效率提高。这表明,云南省经济社会发展进程中,城市化与水资源的相互依赖程度较高,城市化进程促进了水资源效率提高,同时水资源对经济社会发展支撑能力的提高又有效推动了城市化进程。

由表 3 和图 1 可知,云南省城市化与水资源发展度 T 由 2008 年 0.191 1 增加至 2017 年的 0.895 3,发展度增加幅度较快。这表明,云南省城市化与水资源总体发展趋势良好,水资源对经济社会发展的支撑

能力较强。

2.1.2 城市化与水资源协调度 D 分析

由表 3 和图 1 可知,研究时段内(2008—2017 年),云南省城市化与水资源协调度 D 呈逐年增长特征,且增幅较大。2008 年协调度 D 仅为 0.399 2,属于低度失调类型,之后协调度 D 逐年增长,协调发展类型依次转变为濒临失调、初级协调、中度协调、良好协调和优质协调。这表明,云南省城市化与水资源协调发展趋势良好,水资源对城市化的支撑有效促进了云南省经济社会发展。

2.1.3 城市化与水资源对比类型分析

由表 3 和图 1 可知,2008—2012 年云南省城市化综合指数 U 的增长速度略低于水资源综合指数 W 的增长速度,呈现城市化滞后特征;自 2013 年起,城市化综合指数 U 增长至 0.642 8,与此同时,水资源综合指数 W 仅为 0.606 8,开始呈现水资源滞后特征。综上所述,研究时段内,云南省城市化与水资源对比类型表现为,由城市化滞后向水资源滞后转变。

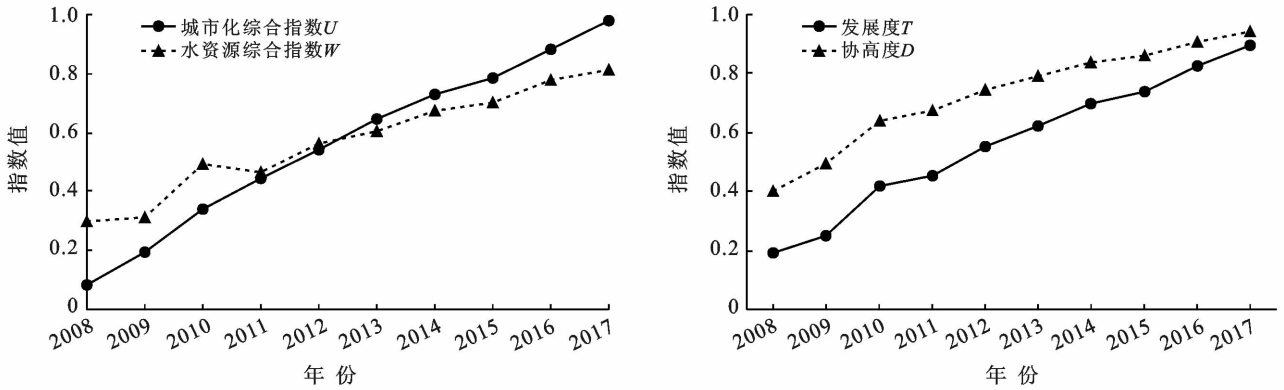


图 1 云南城市化与水资源耦合协调变化

2.1.4 城市化与水资源协调发展阶段分析 按照表 3 云南省城市化与水资源协调性评价结果,并结合表 2 城市化与水资源协调发展类型划分标准,云南省城市化与水资源协调发展先后经历了 2 个阶段:失调阶段和协调阶段。失调阶段(2008—2009 年):该阶段协调度 D 由 2008 年 0.399 2 增加至 2009 年的 0.493 8,这表明,云南省总体城市化与水资源两系统总体在由无序向有序转变,但仍处于低度失调和濒临失调的失调阶段。协调阶段(2010—2017 年):该阶段自 2010 年起,协调度 D 值增加至 0.639 8,为初级协调类型,城市化与水资源协调发展状态进入到协调阶段,并随着协调度 D 值的增加,逐渐由初级协调向中级协调、良好协调和优质协调转变,全省城市化与水资源两系统总体协调发展状态良好。

2.2 城市化与水资源耦合协调发展的空间格局特征分析

由公式(2)—(5)计算得到 2008 与 2017 年云南省各市(州)城市化与水资源协调度 D ,并根据城市化与水资源协调发展类型划分标准(表 2),在 GIS 技术支持下,分别对上述两个时段各市(州)城市化与水资源的协调发展类型进行划分,进而揭示不同时段云南省城市化与水资源协调发展的空间格局特征,以及空间格局的变化特征。根据协调度 D 的计算结果,并在 GIS 技术支持下,分别得到 2008 年和 2017 年各市(州)城市化与水资源协调的空间格局,结果详见图

2,表 4—5。通过图 2 可以发现,2008—2017 年云南省 16 个市(州)城市化与水资源协调发展类型的数量组成与空间格局发生了变化。从协调发展类型的数量组成看,2008—2017 年云南省 16 个市(州)城市化与水资源协调发展状态的类型和阶段没有发生变化,仍划分为良好协调、中部协调、初级协调、勉强协调、和濒临失调 5 种类型,2 个阶段(协调阶段和磨合阶段),但协调类型和阶段的数量及市(州)组成有所变化。从协调发展类型的数量组成与空间分布特征看(表 4,图 2 所示),2008—2017 年云南省 16 个市(州)中,处于“良好协调”类型的市(州)无论从数量看还是组成看,均未发生变化,依然仅为省会昆明市;处于“中度协调”类型的市(州)从 1 个增至 2 个,新增楚雄州;处于“初级协调”的市(州)增至 7 个,新增德宏州和迪庆州;处于“勉强协调”类型的市(州)减至 5 个,其中临沧市由“濒临失调”升至“勉强协调”;处于“濒临失调”类型的市(州)减至 1 个,仅剩昭通市。从协调发展阶段变化看(表 5),2008—2017 年全省 16 个市(州)城市化与水资源协调发展分属于 2 个阶段(协调阶段和磨合阶段)。其中,处于“协调阶段”的市州由 8 个增加至 10 个,新增德宏州和迪庆州,主要分布于滇中、滇南和滇西;处于“磨合阶段”的市(州)由 8 个减少至 6 个,主要分布于滇西南、滇东南和滇东北。综上所述,全省总体呈现以昆明为中心,从中部“协调”型,逐步转变为边缘“失调”型的空间变化特征。

表 4 2008—2017 年云南省城市化与水资源协调发展类型变化

协调类型	2008 年协调发展类型	2017 年协调发展类型
良好协调	昆明(1 个)	昆明(1 个)
中度协调	玉溪(1 个)	玉溪、楚雄(2 个)
初级协调	曲靖、丽江、楚雄、红河、西双版纳、大理(6 个)	曲靖、丽江、红河、西双版纳、大理、德宏、迪庆(7 个)
勉强协调	保山、普洱、文山、德宏、怒江、迪庆(6 个)	保山、普洱、临沧、文山、怒江(5 个)
濒临失调	昭通、临沧(2 个)	昭通(1 个)

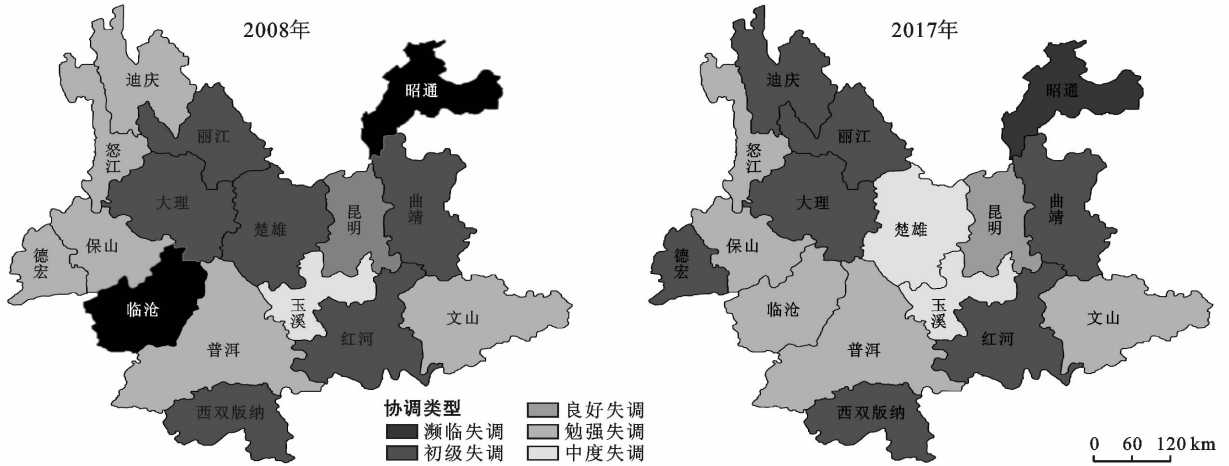


图 2 2008 与 2017 年云南城市化与水资源协调状态的空间格局

表 5 2008—2017 年云南省城市化与水资源协调发展阶段变化

发展阶段	2008 年协调发展阶段	2017 年协调发展阶段
协调阶段	昆明、曲靖、玉溪、楚雄、丽江、红河、西双版纳、大理、(8 个)	昆明、曲靖、玉溪、楚雄、丽江、红河、西双版纳、大理、德宏、迪庆(10 个)
磨合阶段	保山、昭通、德宏、普洱、文山、临沧、迪庆、怒江(8 个)	保山、昭通、普洱、文山、临沧、怒江(6)

3 结论

(1) 研究时段内,云南省自 2013 年起,由城市化滞后向水资源滞后转变,城市化与水资源之间的相互依赖程度高,协调发展与总体发展趋势良好。

(2) 云南省城市化与水资源之间的相互依赖程度高,协调发展与总体发展趋势良好。城市化进程促进了水资源效率提高,同时水资源对经济社会发展支撑能力的提高又有效推动了城市化进程。

(3) 云南省 16 个市(州)城市化与水资源协调发展阶段分属协调阶段和磨合阶段,呈现以昆明为中心,从中部“协调型”逐步转变为边缘“失调型”的空间格局。

[参 考 文 献]

- [1] 钱易,唐孝炎. 环境保护与可持续发展[M]. 北京:高等教育出版社,2013,4-7.
- [2] 张胜武,石培基,王祖静. 干旱区内陆河流域城市化与水资源环境系统交互耦合分析:以石羊河流域为例[J]. 经济地理,2012,32(8):142-148.
- [3] Srinivasan V, Seto K C, Emerson R, et al. The impact of urbanization on water vulnerability: A coupled human-environment system approach for Chennai, India [J]. Global Environmental Change, 2013,23(1):229-239.
- [4] 冯文文,郭梦,钱会,等. 西安市城市化与水资源环境耦合关系研究及预测[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(4):113-123.
- [5] 张勇,郭纯青. 广西北部湾经济区水资源支撑能力与城

市化系统关系研究[J]. 节水灌溉,2018,23(10):54-58.

- [6] 李欢,李景保,王凯. 湖南省水贫困与城市化水平测度及其时空耦合协调研究[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(4):105-112.
- [7] 海霞,李伟峰,王朝,等. 京津冀城市群用水效率及其与城市化水平的关系[J]. 生态学报,2018,38(12):4245-4256.
- [8] 华佳,柏双友,李治阳,等. 淮安市用水指标与城市化指标关联性分析及用水潜力预测[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2018,16(4):257-264.
- [9] 丛东来,于少鹏,陈曦,等. 哈尔滨市水资源开发利用与城镇化发展的响应关系[J]. 水土保持通报,2020,40(1):269-296.
- [10] 童彦,潘玉君,施玉. 基于耕地压力指数的云南粮食产能安全动态分析[J]. 农业现代化研究,2012,33(1):100-103.
- [11] 顾世祥,谢波,周云,等. 云南水资源保护与开发研究[J]. 水资源保护,2007,23(1):91-94.
- [12] 童彦,朱海燕,施玉. 云南省水资源利用的时空变化特征与区域差异分析[J]. 国土与自然资源研究,2014,36(5):60-61.
- [13] 童彦,施玉,朱海燕,等. 云南水资源与经济社会发展协调度的空间格局研究[J]. 节水灌溉,2016,21(6):75-79.
- [14] 童彦,朱海燕,施玉. 云南人口城市化与土地城市化协调度的空间格局分析[J]. 水土保持研究,2015,22(3):286-289.
- [15] 童彦,潘玉君,张梅芬,等. 云南人口城市化与土地城市化耦合协调发展研究[J]. 世界地理研究,2020,29(1):121-130.

(下转第 258 页)

- [13] Tanner M K, Moity N, Costa M T, et al. Mangroves in the Galapagos: Ecosystem services and their valuation [J]. *Ecological Economics*, 2019, 160(6):12-24.
- [14] 李子君, 刘金玉, 姜爱霞, 等. 基于土地利用的沔河流域生态系统服务价值动态变化[J]. *水土保持研究*, 2020, 27(2):269-275, 283.
- [15] 朱增云, 阿里木江·卡斯木. 干旱区绿洲城市生态系统服务价值空间自相关格局分析与模拟[J]. *生态与农村环境学报*, 2019, 35(12):1531-1540.
- [16] 杨莹, 侯凯旋, 岳卫峰, 等. 基于复合系统相互作用关系的水资源承载力研究: 以巩义市为例[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 55(5):669-676.
- [17] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(8):1243-1254.
- [18] 田俊峰, 王彬燕, 程利莎, 等. 政策主导下的区域土地利用转型过程与机制: 以中国东北地区为例[J]. *地理研究*, 2020, 39(4):805-821.
- [19] 王颖, 顾朝林. 基于格网分析法的城市弹性增长边界划定研究: 以苏州市为例[J]. *城市规划*, 2017, 41(3):25-30.
- [20] 宋文飞, 李国平, 韩先锋. 生态系统服务价值化: 经济理论脉络及现代解读[J]. *科技管理研究*, 2015, 35(9):244-249.
- [21] 谢高地, 肖玉, 甄霖, 等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(3):10-13.
- [22] 郭椿阳, 高尚, 周伯燕, 等. 基于格网的伏牛山区土地利用变化对生态服务价值影响研究[J]. *生态学报*, 2019, 39(10):3482-3493.
- [23] 张利国, 鲍丙飞, 杨胜苏. 我国农业可持续发展空间探索性分析[J]. *经济地理*, 2019, 39(11):159-164.
- [24] 刘耀林, 郝弘睿, 谢婉婷, 等. 基于生态系统服务价值的土地利用空间优化[J]. *地理与地理信息科学*, 2019, 35(1):69-74.

(上接第 242 页)

- [19] 樊玉山, 刘纪远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [20] 柴雪柯, 蒋观滔, 高鹏, 等. 渭河流域土地利用变化特征及驱动力分析[J]. *人民黄河*, 2016, 38(8):77-81, 85.
- [21] 刘瑞, 朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. *资源科学*, 2010, 32(8):1544-1550.
- [22] 史洪超. 土地利用/覆被变化(LUCC)研究进展综述[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(26):13107-13110, 13125.
- [23] 赵小汎, 代力民, 陈文波, 等. 耕地与建设用地变化驱动力比较分析[J]. *地理科学*, 2008, 28(2):214-218.
- [24] 刘思峰, 蔡华, 杨英杰, 等. 灰色关联分析模型研究进展[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(8):2041-2046.
- [25] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社.

(上接第 248 页)

- [16] 马颖忆, 陆玉麒, 柯文前, 等. 泛亚高铁建设对中国西南边疆地区与中南半岛空间联系的影响[J]. *地理研究*, 2015, 34(5):825-837.
- [17] 刘静玉, 刘玉振, 邵宁宁, 等. 河南省新型城镇化的空间格局演变研究[J]. *地域研究与开发*, 2012, 31(5):143-147.
- [18] 陈凤桂, 张虹欧, 吴旗韬, 等. 我国人口城镇化与土地城镇化协调发展研究[J]. *人文地理*, 2010, 25(5):53-58.
- [19] 范辉, 刘卫东, 吴泽斌, 等. 浙江省人口城市化与土地城市化的耦合协调关系评价[J]. *经济地理*, 2014, 34(12):21-28.
- [20] 张明斗, 莫冬燕. 城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析: 以东北三省 34 个地级市为例[J]. *资源科学*, 2014, 36(1):8-16.
- [21] 李德胜, 王占岐, 蓝希. 环鄱阳湖城市群人口城市化与土地城市化协调度评价[J]. *国土资源科技管理*, 2016, 33(1):16-23.
- [22] 徐建华. 计量地理学[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2014, 123-125.
- [23] 林珍铭, 夏斌. 嫡视角下的广州城市生态系统可持续发展能力分析[J]. *经济地理*, 2013, 68(1):45-47.
- [24] 杨洋, 王晨, 章立玲, 等. 基于国家规划的新型城镇化状态定量评估指标体系构建及应用[J]. *经济地理*, 2015, 35(7):51-58.
- [25] 吴文恒, 牛叔文, 郭晓东, 等. 中国人口与资源环境耦合的演进分析[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(6):853-861.
- [26] 孙东琪, 张京祥, 张明斗, 等. 长江三角洲城市化效率与经济发展水平的耦合关系[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(7):1060-1071.
- [27] 崔木花. 中原城市群 9 市城镇化与生态环境耦合协调发展[J]. *经济地理*, 2015, 35(7):72-78.