

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.01.016

# 亳州市城市化与水资源利用耦合协调关系研究

李乐乐<sup>1,2</sup>, 高 杨<sup>1\*</sup>, 钞锦龙<sup>2</sup>

(1.宿州学院环境与测绘工程学院,安徽 宿州 234000; 2.太原师范学院地理科学学院,山西 太原 030619)

**摘 要:**通过构建亳州城市化发展与水资源利用的指标体系,利用熵值法确定指标权重,分别评价 2003—2017 年亳州市城市化和水资源利用综合水平的发展变化,在此基础上构建耦合协调度模型,分析亳州市城市化与水资源利用的耦合协调关系。结果表明:亳州城市化综合指数整体呈上升趋势,特别是 2010 年以后综合指数的增幅明显加快,是人口城市化、经济城市化、社会城市化、空间城市化过程综合作用的结果;水资源利用水平变化起伏较大,2003—2011 年整体呈现趋势性下降,2011 年以后表现出趋势性上升,主要受水资源量等要素的影响;城市化与水资源利用的耦合度 2003—2009 年呈现波动上升,增加幅度大,2009—2017 年耦合度整体处于相对平稳阶段,有小幅波动;耦合协调度不断提高,从 2003 年的中度失调阶段发展到 2017 年的良好协调阶段。

**关键词:**城市化;水资源利用;耦合协调度;亳州市

**中图分类号:**TV213.4;F299.27 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)01-0075-06

## Study on the Coupling Relationship between Urbanization and Water Resource Utilization in Bozhou City

LI Lele<sup>1,2</sup>, GAO Yang<sup>1\*</sup>, CHAO Jinlong<sup>2</sup>

(1.School of Environment and Surveying Engineering, Suzhou University, Suzhou, Anhui 234000, China;

2.School of Geography Science, Taiyuan Normal University, Taiyuan, Shanxi 030619, China)

**Abstract:** By constructing an index system of the urbanization and water resource utilization in Bozhou city and using the entropy method to determine the index weights, the development and changes of the comprehensive urbanization and water resource utilization in Bozhou city from 2003 to 2017 were evaluated respectively. Based on this, a coupling coordination model was built to analyze the relationship between urbanization and water resource utilization in Bozhou City. The results show that the comprehensive urbanization index of Bozhou shows an upward trend on the whole, and an obviously accelerating trend after 2010, as a result of the comprehensive effects of population, economic, social and spatial urbanizations. The water resource utilization fluctuates greatly, showing a general trend of decline from 2003 to 2011, and a trend of rise after 2011, which is mainly affected by the amount of water resources and other factors. From 2003 to 2009, the coupling relation between urbanization and water resource utilization fluctuated greatly, while from 2009 to 2017, the coupling was relatively stable and fluctuated slightly. The coupling coordination level has been continuously improved, from the moderate imbalance stage in 2003 to the better coordination stage in 2017.

**Keywords:** urbanization; water resource utilization; coupling coordination level; Bozhou city

## 0 引言

城市化是衡量社会经济发展水平的关键因素之一<sup>[1]</sup>,城市化发展受到多种因素的影响和制约,如经济发展、工业化水平、资源状况等。中国的城

市化水平正处于上升阶段,随着城市规模的不断扩大,人口的不断增长,产业结构的不断升级,对水资源的需求不断增加,同时伴生水资源供应不足及水污染和浪费等一系列问题,必然会成为城市化进程的阻碍。城市化与水资源利用有着密不可分的关系

收稿日期:2020-08-31

基金项目:安徽高校省级人文社会科学研究重点项目(SK2019A0524、SK2016A0995);宿州学院优秀学术技术骨干项目(2016XJGG10)。

作者简介:李乐乐(1998—),男,安徽宿州人,硕士研究生,研究方向:资源评价与开发。\*通信作者:高杨(1979—),男,安徽宿州人,副教授,硕士,研究方向:水资源与水环境。

系,水资源利用状况一定程度上制约着城市化的发展。城市化与水资源关系研究必然引起重视。车忠坤<sup>[2]</sup>对大连沿海经济带城市化与水资源耦合关系进行探讨,构建该研究区城市化与水资源之间的耦合关系模型,得出两者之间的耦合协调度总体呈递减变化趋势。崔子豪<sup>[3]</sup>对西安城市化进程与用水耦合关系进行研究,得出西安城市化和城市用水之间的关系是良性且可持续发展的。张振龙<sup>[4]</sup>用 VAR 模型展开对新疆城镇化与水资源耦合协调发展研究,得出水资源对城镇化具有支撑和约束作用,新疆城镇化发展的特征为城镇依托绿洲分布、多种城镇化模式共存及区域差异大等。麦地那-巴合提江<sup>[5]</sup>对乌鲁木齐市的城市化发展水平与水资源利用状况进行了综合评价分析、耦合协调性及相关性等方面的分析,得出水资源环境的状况与城市化水平发展存在着高度的相关关系。研究不同地区城市化与水资源利用耦合关系能分析城市化过程中水资源利用的特点和变化过程以及存在的问题<sup>[6-8]</sup>。亳州市是中原地区连接长三角世界级城市群的桥头堡,近年城镇化率年均增速居安徽省首位,在城市化发展过程中也存在着许多水资源问题,通过研究亳州市城市化与水资源利用耦合协调关系,探索城市化与水资源利用协调发展模式,以期对亳州城市化过程中应对水资源问题提供参考和理论依据。

## 1 研究区概况

亳州市,位于安徽省的西北部,属于黄淮平原南端,北部和西部分别与河南省的商丘市和周口市接壤,南部与安徽省阜阳市相接、东部和安徽省淮北、蚌埠两市接壤。亳州市下辖三县一区,分别是谯城区和蒙城县、涡阳县、利辛县,总面积为 8 374 km<sup>2</sup>。亳州市属于暖温带半湿润气候区,位于亚热带与暖温带的过渡带,过渡性特征明显。气候特征表现为季风明显,气候温暖,光照充足,无霜期较长,四季分明。因为有明显的气候过渡性,造成冷暖气团交锋频繁,天气多变,年际降水量变化大,全市历年平均气温 15 °C,年平均降水量 831 mm,南北差异大,南多北少,6~9 月份为汛期,降水量集中,占全年降水量的 63%,多年平均蒸发量 987.6 mm。2017 年亳州市常住人口 516.9 万人,其中城镇人口 205.7 万人,城市化率为 39.8%。2017 年亳州市国民生产总值达到 1 149.8 亿元。产业结构日趋完善,2017 年三次产业比重为 17.7:40.1:42.2。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

#### 2.1.1 熵值法

在对城市化与水资源利用耦合协调关系进行分析时需要建立指标因素确定权重。权重计算分为主观赋值法和客观赋值法,为了使计算结果更加具有客观性,减少主观色彩,可以采用熵值法<sup>[9-10]</sup>计算城市化与水资源利用两系统指标的权重。具体计算方法如下。

1) 利用极差化方法<sup>[11]</sup>对原始数据进行标准化处理:设评价指标有  $m$  个,评价对象有  $n$  个,所以原始数据矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

标准化处理,得到归一化矩阵:

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \quad (2)$$

式中,  $r_{ij}$  为第  $j$  个评价对象在第  $i$  个评价指标上的标准值,  $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 。

2) 定义熵:设有  $m$  个指标,  $n$  个被评价对象,第  $i$  个指标的定义熵为:

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (3)$$

式中,  $H_i$  为第  $i$  项指标的信息熵值,  $f_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^n r_{ij}$ ,  $k = 1 / \ln n$ , 当  $f_{ij} = 0$  时,令  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

3) 定义熵权:对  $i$  个指标的熵进行定义,可得出第  $i$  个指标的熵权定义:

$$W_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (4)$$

式中,  $w_i$  是指城市化系统与水资源利用系统的各项指标的权重,  $0 \leq w_i \leq 1$ ,  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

#### 2.1.2 综合指数计算

在对数据进行标准化处理和权重计算后,对城市化与水资源指标进行综合指数计算,采用加权求和的方法来计算两系统的综合指数。综合指数计算公式如下:

$$U(x) = \sum_{i=1}^m w_i x_i \quad (5)$$

$$W(y) = \sum_{j=1}^n w_j y_j \quad (6)$$

式中,  $x_i (i=1, 2, 3, \dots, m)$  为城市化指标,  $y_j (j=1, 2,$

3, …, n) 为水资源指标;  $w_i, w_j$  分别是城市化和水资源指标权重。

### 2.1.3 耦合协调模型

耦合是指 2 个或 2 种运动以上的体系或 2 种运动形式之间通过各种相互作用而彼此影响以至联合起来的现象,通常用耦合度来表示系统或要素之间的相互影响程度,以及它们之间的协同性。耦合协调模型经常被用来做各种要素之间的相关性分析。研究城市化与水资源两个因素间的耦合关系时,城市化与水资源 2 个系统的耦合协调关系公式如式(7)所示。

$$C = \left\{ \frac{\frac{U(x) \times W(y)}{U(x) + W(y)}}{2} \right\}^k \quad (7)$$

式中,  $C$  为耦合度,  $k$  为调节系数,因为只有城市化与水资源 2 个系统,所以  $k$  值为 2。

仅有耦合度不能反映 2 个系统的协调关系,所以还需引入耦合协调关系模型。计算公式如下:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

式中,  $D$  为耦合协调度,  $D$  介于 0~1 之间,值越大说明系统协调度越高;  $T(0 < T < 1)$  为城市化与水资源两系统综合评价指数,其计算公式如式(9)所示。

$$T = \alpha U(x) + \beta W(y) \quad (9)$$

式中,  $\alpha, \beta$  为待定系数,研究涉及城市化与水资源利用 2 个系统,所以耦合协调度拥有等级划分标准(表 1)。

### 2.2 数据来源

亳州市人口、产值等社会经济数据主要来源于《亳州市国民经济和社会发展统计公报》(2003—2017)和《安徽省统计年鉴(2004—2018)》;亳州市水资源量、用水量等水资源数据主要来源于《安徽

省水资源公报(2004—2018)》和《亳州市水资源公报(2018)》。

表 1 耦合协调度等级划分标准

耦合协调度 $D$ 值	耦合协调程度
(0.0~0.1)	极度失调
[0.1~0.2)	严重失调
[0.2~0.3)	中度失调
[0.3~0.4)	轻度失调
[0.4~0.5)	濒临失调
[0.5~0.6)	勉强协调
[0.6~0.7)	初级协调
[0.7~0.8)	中级协调
[0.8~0.9)	良好协调
[0.9~1.0)	优质协调

## 3 城市化与水资源利用耦合协调分析

### 3.1 建立指标体系

城市化发展不是依靠单一要素推动的,其发展需要人口、经济、社会、空间等多种要素综合共同推动。结合亳州市城市化发展状况,主要从人口城市化、经济城市化、社会城市化、空间城市化 4 方面构建城市化发展评价指标体系,包括 13 个指标(表 2),分别是:  $X1$ : 常住人口总数(万人);  $X2$ : 城镇人口(万人);  $X3$ : 城镇人口比重(%);  $X4$ : GDP 总量(亿元);  $X5$ : 人均 GDP(元);  $X6$ : 第三产业比重(%);  $X7$ : 城镇居民恩格尔系数(%);  $X8$ : 固定资产投资(亿元);  $X9$ : 城镇居民拥有病床数(张);  $X10$ : 高校在校大学生人数(万人);  $X11$ : 建成区面积( $\text{km}^2$ );  $X12$ : 城市人均绿地面积( $\text{m}^2$ );  $X13$ : 城市绿化覆盖率(%).

表 2 2003—2017 年亳州市城市化发展相关指标数据

年份	$X1$	$X2$	$X3$	$X4$	$X5$	$X6$	$X7$	$X8$	$X9$	$X10$	$X11$	$X12$	$X13$
2003	518.0	141.0	26.20	172.7	3 334	6.44	47.30	54.5	5 150	0.35	32	5.60	18.00
2004	527.0	142.0	27.60	211.7	4 053	7.69	42.50	67.8	5 137	0.34	32	4.90	19.00
2005	514.0	143.9	28.00	235.4	4 522	8.80	46.20	53.5	5 258	0.40	32	3.50	7.20
2006	512.0	148.0	28.90	272.3	5 308	10.37	42.30	111.0	5 423	0.46	32	3.20	7.20
2007	510.0	152.0	29.80	321.0	6 282	12.32	32.40	144.9	5 838	0.61	32	5.40	29.00
2008	511.0	136.9	31.50	386.9	7 578	14.83	36.80	144.9	7 531	0.72	32	5.60	38.40
2009	508.0	141.7	33.10	431.9	8 477	16.69	34.90	245.1	8 306	0.79	32	9.13	40.90
2010	486.0	141.0	29.10	512.8	10 615	21.84	35.50	271.2	9 549	0.97	36	10.92	39.50
2011	488.0	152.7	31.30	626.7	12 866	26.36	38.00	331.5	10 900	1.10	38	10.19	40.90
2012	489.5	161.5	33.00	715.7	14 642	29.91	39.50	430.3	12 564	1.10	41	10.92	39.70
2013	495.0	170.3	34.40	820.0	16 658	33.65	32.40	541.5	13 798	1.20	49	11.10	39.80
2014	500.0	178.5	35.70	883.6	17 769	35.54	31.00	650.9	15 154	1.20	54	11.90	40.00
2015	504.7	186.5	36.96	942.6	18 771	37.19	30.90	767.3	16 616	1.20	56	12.20	41.00
2016	510.4	195.4	38.28	1 046.1	20 611	40.38	30.30	874.9	17 734	1.10	62	12.50	41.30
2017	516.9	205.7	39.80	1 149.8	22 385	43.31	30.80	1 067.2	20 169	1.10	69	8.50	27.20

水资源利用综合水平主要取决于区域水资源供与需之间的关系,还应考虑水资源可持续利用状况等因素,在构建亳州市水资源利用评价指标体系时主要从水资源水平、水资源利用、水资源保护这三方面进行选取,包括 8 个指标(表 3),分别是 Y1:

水资源总量(万 m<sup>3</sup>);Y2:人均水资源量(m<sup>3</sup>);Y3:年平均降水量(mm);Y4:城市供水总量(万 m<sup>3</sup>);Y5:自来水普及率(%);Y6:城市生活污水排放量(万 t);Y7:工业废水排放达标率(%);Y8:污水处理量(万 t)。

表 3 2003—2017 年亳州市水资源利用相关指标数据

年份	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
2003	543 522	1 008.01	901.0	7 545	80.0	3 899	100.00	1 024
2004	268 680	492.36	862.9	7 962	80.0	3 813	95.90	1 356
2005	347 775	632.20	1 151.5	8 408	70.0	3 563	98.67	1 200
2006	340 460	606.12	901.6	7 936	69.0	3 592	99.39	1 323
2007	343 797	596.46	971.5	7 654	72.0	3 764	99.46	1 452
2008	341 000	579.14	918.3	7 176	98.4	3 562	100.00	1 536
2009	203 400	340.74	812.9	7 517	96.1	3 787	100.00	1 502
2010	231 000	384.51	759.1	7 671	97.4	3 845	99.80	1 527
2011	194 300	404.20	643.0	7 641	93.2	9 803	99.80	2 896
2012	217 500	357.51	752.0	7 855	90.0	10 233	99.80	3 286
2013	198 200	323.57	780.6	8 024	92.0	10 256	100.00	3 330
2014	275 300	551.04	980.1	6 371	91.5	10 507	100.00	3 689
2015	221 600	439.07	848.8	8 820	93.0	10 560	100.00	4 235
2016	274 400	547.22	924.7	11 719	98.8	10 018	100.00	5 061
2017	301 000	582.32	1 016.4	10 838	99.0	10 806	100.00	5 196

对指标数据进行标准化处理,并利用熵值法分别计算城市化系统与水资源利用系统各项指标的权重如表 4~5 所示。

表 4 亳州市城市化发展指标体系

一级指标	二级指标	权重	指标属性
人口城市化	常住人口总数(X1)	0.049 3	正向
	城镇人口(X2)	0.097 5	正向
	城镇人口比重(X3)	0.054 6	正向
经济城市化	GDP 总量(X4)	0.075 1	正向
	人均 GDP(X5)	0.074 9	正向
	第三产业/GDP 总量(X6)	0.047 8	正向
社会城市化	城镇居民恩格尔系数(X7)	0.041 3	负向
	固定资产投资(X8)	0.108 1	正向
	城镇居民拥有病床数(X9)	0.106 8	正向
空间城市化	高校在校大学生人数(X10)	0.063 0	正向
	建成区面积(X11)	0.182 7	正向
	城市人均绿地面积(X12)	0.055 4	正向
	城市绿化覆盖率(X13)	0.043 5	正向

表 5 水资源利用指标体系

一级指标	二级指标	权重	指标属性
水资源水平	水资源总量(Y1)	0.184 1	正向
	人均水资源量(Y2)	0.145 9	正向
	年平均降水量(Y3)	0.066 2	正向
水资源利用	城市供水总量(Y4)	0.101 8	正向
	自来水普及率(Y5)	0.093 5	正向
	城市生活污水排放量(Y6)	0.186 1	负向
水资源保护	工业废水排放达标率(Y7)	0.190 5	正向
	污水处理量(Y8)	0.031 8	正向

### 3.2 城市化水平变化分析

利用综合指数计算公式(5)计算得出 2003—2017 年亳州市城市化综合指数变化趋势(图 1),可以看出,2003—2017 年亳州城市化综合指数整体上呈上升趋势,特别是 2010 年以后综合指数的增幅明显加快,这种变化是亳州市人口城市化、经济城市化、社会城市化、空间城市化过程综合作用的结果。

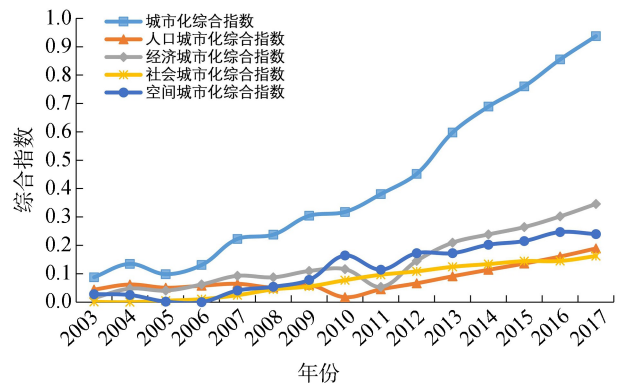


图 1 2003—2017 年亳州市城市化综合指数变化

分别从 4 类一级指标的综合指数来看也呈整体上升趋势,但存在明显波动。人口城市化综合指数除 2010 年外均呈增长趋势,人口城市化<sup>[12]</sup>是指人口向城市地区集中或农业人口转为非农业人口的过程,人口城市化最明显的表现是城市居民人口比重增加,城镇人口比重成为人口城市化的一个重要影响指标,亳州市城镇人口比重在近 15 a 间整体呈上升趋势,从 2003 年的 26.2% 增加至 2017 年的

39.8%。统计数据只有在 2010 年城镇人口比重出现明显下降,其他年份均为上升,分析原因是在 2010 年我国进行第六次全国人口普查,针对人口流动现状采用了不同以往的城镇人口统计标准,造成城镇人口比重统计数据的相对下降。亳州经济城市化水平发展迅速,特别是在 2011 年以后最为明显,主要依靠经济总量和产业构成两方面显著变化,亳州市的经济实力持续增强,GDP 总量从 2003 年的 172.7 亿元增加至 2017 年的 1 149.8 亿元,其中工业产值上升明显,第三产业在三次产业中所占比重最大并保持上升趋势,产业结构处在不断优化阶段,更加有利于城市化发展。亳州市社会城市化水平一直保持上升趋势,2003—2017 年城市居民可支配收入不断增加,体现城市居民消费水平提高和生活质量的改善,此外基础设施越完善标志着社会城市化程度越高,如医疗机构拥有病床数 2017 年有 20 169 张,相当于 2003 年的 4 倍,其它如公共交通工具、公路、铁路里程也在不断增加,说明亳州城市基础设施正在不断完善,城市化进程不断推进。空间城市化是指城市内部结构不断优化及其发展变化过程,亳州市空间城市化指数在研究期前期有小幅变动,变化不明显,中后期有明显上升的趋势,主要受建成区面积影响,亳州市 2003—2009 年建成区面积基本不变,其后不断增加,从最初的 32 km<sup>2</sup> 增加至 2017 年的 6 932 km<sup>2</sup>,还有人均绿地面积也呈现出 2009 年之后的平均水平明显高于之前年份。

### 3.3 水资源利用水平变化分析

利用水资源利用指标体系中标准化后的数据计算得出 2003—2017 年亳州市水资源综合指数如图 2 所示,可以看出,水资源综合指数变化较大,呈波状起伏,从变化趋势上可以分为两个阶段,2003—2011 年整体呈现趋势性下降,综合指数从 2003 年 0.629 5 下降到 2011 年的 0.258 3,2011 年以后表现出趋势性上升,2017 年的综合指数为 0.560 8。

从三类一级指标分析,发现水资源水平指数的变化趋势基本与水资源综合指数保持一致,说明表征水资源水平的资源量、年平均降水量等指标很大程度上决定了水资源利用综合指数变化,如 2003 年和 2011 年是水资源利用综合指数最低和最高的年份,对应了水资源总量最多和最少的年份,分别为 194 300 万 m<sup>3</sup> 和 543 522 万 m<sup>3</sup>;水资源利用指数在变化上与综合指数也呈现出一定程度的一致性,但对综合指数的影响上次于水资源水平指数,个别年份出现了与综合指数的变化差异,如 2014 年水资源利用指数相较前一年降低,但综合指数呈现出增

长,主要是因为受水资源水平指数影响更大;水资源保护指数一直保持平稳上升,虽然对综合指数的整体影响弱于其他类指标,但在水资源总量稳定的情况下其作用呈现出日益增强的特征,这与政府的水资源保护政策有很大关系,废水处理能力和处理量 2017 年与 2003 年相比提升了 5 倍,废水处理排放达标率高达 90% 以上,从而大大的缓解了水资源压力,提高了水资源利用率。

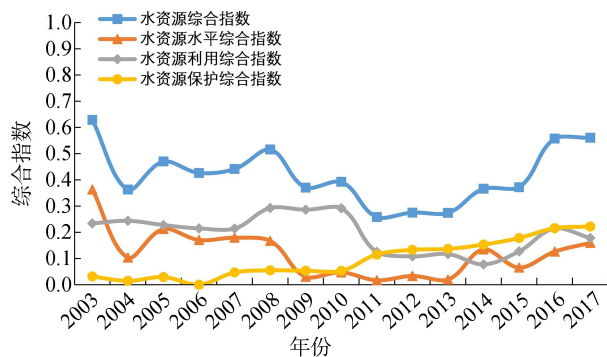


图 2 2003—2017 年亳州市水资源综合指数变化

### 3.4 城市化与水资源耦合度分析

利用耦合协调模型<sup>[13]</sup>对亳州城市化与水资源利用两系统进行耦合协调性计算(表 6)。亳州市城市化与水资源利用 2 系统的耦合度在 15 a 间变化明显,整体呈波动上升趋势,耦合度在 0.158 4~0.877 6。2003—2009 年耦合度波动上升,增加幅度大,从 0.1854 上升到 0.980 7,城市化与水资源利用水平都有较快发展。2009—2017 年耦合度整体处于相对平稳阶段,有小幅波动,说明此时期亳州城市化发展迅速,而水资源利用水平发展相对缓慢,二者差距不断拉大。随着亳州城市化进程的持续发展,对水资源的需求量不断增大,同时对水资源环境的压力也在不断增大。

亳州市城市化与水资源利用耦合协调度不断提高,耦合协调度从 2003 年的 0.257 1 增加到 2017 年的 0.810 9,按表 1 耦合协调度等级划分共经历了 5 个阶段,分别为中度失调、轻度失调、勉强协调、初级协调、良好协调,其中大部分年份处于勉强协调阶段,但 2014 年以后耦合协调程度得到大幅度提高,目前处于良好协调阶段。亳州市城市化与水资源利用耦合协调性有两个显著变化的时间点,第一次显著变化在 2004 年,2004 年前后耦合协调度的先升后降,上升原因主要是在经历非典疫情后城市发展建设回归正轨和水资源环境受城市工程建设的影响。下降原因主要是城市化综合指数有所下降,水资源综合指数有所上升,城市绿化建设下降是造成城市化综合指数下降的主要因素,2005 年淮河流域发生

表 6 2003—2017 亳州市城市化与水资源利用耦合关系

年份	城市化综合指数 $U(x)$	水资源综合指数 $W(y)$	城市化与水资源综合指数 $T$	耦合度 $C$	耦合协调度 $D$	耦合协调程度
2003	0.087 7	0.629 5	0.358 6	0.185 4	0.257 1	中度失调
2004	0.135 0	0.363 2	0.249 1	0.624 4	0.394 3	轻度失调
2005	0.098 6	0.470 4	0.284 5	0.328 3	0.305 6	轻度失调
2006	0.103 8	0.426 8	0.278 8	0.515 7	0.397 2	轻度失调
2007	0.222 9	0.441 6	0.332 2	0.795 1	0.514 0	勉强协调
2008	0.237 8	0.515 9	0.376 8	0.746 3	0.530 3	勉强协调
2009	0.304 4	0.370 8	0.337 6	0.980 7	0.575 4	勉强协调
2010	0.317 9	0.392 8	0.335 3	0.977 9	0.589 5	勉强协调
2011	0.380 7	0.285 3	0.319 5	0.927 9	0.544 5	勉强协调
2012	0.452 0	0.275 6	0.363 8	0.885 9	0.567 7	勉强协调
2013	0.597 7	0.274 3	0.436 0	0.743 9	0.569 6	勉强协调
2014	0.689 0	0.366 4	0.527 7	0.821 8	0.658 5	初级协调
2015	0.760 3	0.372 0	0.566 1	0.778 6	0.663 9	初级协调
2016	0.855 1	0.557 6	0.706 4	0.913 3	0.803 2	良好协调
2017	0.937 5	0.560 8	0.749 2	0.877 6	0.810 9	良好协调

严重暴雨和洪涝降水偏多,造成水资源综合指数上升;第二个显著变化在 2011 年,此年耦合协调度小幅下降。城市化各项综合指数均呈上升趋势,说明城市化正在快速发展,城市化的快速发展加大了对水资源利用的强度,同时水资源环境破坏程度也在加剧。尽管通过加大水资源保护力度,增加和提高污水处理量和废水排放达标率的措施,水资源保护综合指数不断上升,但上升的速率仍低于水资源利用强度增长的速率,如不加以调整水资源利用压力将不断增大。2012—2017 年耦合协调度则继续上升,这与亳州市推动生态建设有关。近年来,亳州市全力推进水系治理工程建设,实施活水工程。同时加快基础设施建设,提高城市的承载力并都取得

了显著成效。如果城市化与水资源利用能够保持良好发展,预计到 2020 年亳州城市化与水资源利用耦合协调程度将达到优质协调。

### 4 结论

通过建立亳州城市化发展与水资源利用 2 个系统的指标体系,利用综合评价法和耦合协调度模型对亳州城市化与水资源利用的综合水平及 2 者耦合协调关系进行分析,得出:

1) 2003—2017 年亳州市城市化综合指数整体上呈上升趋势,特别是 2010 年以后综合指数的增幅明显加快,是亳州市人口城市化、经济城市化、社会城市化、空间城市化过程综合作用的结果。

2) 亳州市水资源利用综合指数变化较大,呈波状起伏,2003—2011 年整体呈现趋势性下降,2011 年以后表现出趋势性上升,水资源水平的水资源量、年平均降水量等指标很大程度上决定了水资源利用综合指数变化。

3) 亳州市城市化与水资源利用的耦合度在 15 a 间变化明显,2003—2009 年耦合度波动上升,增加幅度大,得益于城市化与水资源利用水平都有较快发展;2009—2017 年耦合度整体处于相对平稳阶段,有小幅波动,主要因为城市化进程的持续发展,对水资源的需求量和水资源环境的压力不断增大。

4) 亳州市城市化与水资源利用耦合协调度不断提高,从 2003 年的中度失调阶段发展到 2017 年的良好协调阶段,主要因为亳州市城市化正在快速发展过程中,虽然加大了对水资源利用的强度,但同时加快基础设施建设,全力推进水系治理工程建设,实施活水工程,取得了显著成效。

### 参考文献:

[1] 孙婉云,李圣华.全球城市化背景下中国城市化与经济增长分析[J].东北亚经济研究,2019(3):110-120.

[2] 车忠坤.大连沿海经济带城市化与水资源耦合关系探讨[J].水利规划与设计,2017(6):4-6.

[3] 崔子豪.西安城市化与用水耦合关系研究[D].西安:西安理工大学,2017.

[4] 张振龙.新疆城镇化与水资源耦合协调发展研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2018.

[5] 麦地那·巴合提江,阿不都沙拉木·加拉力丁,盛永财,等.乌鲁木齐市城市化与水资源协调度分析[J].人民长江,2018,49(7):42-46,51.

[6] 吉婷婷,倪立奇.苏州城市化与水资源环境耦合关系时序特征研究[J].人民长江,2018,49(21):49-55.

[7] 李娜,孙才志,范斐.辽宁沿海经济带城市化与水资源耦合关系分析[J].地域研究与开发,2010,29(4):47-51.

[8] 郭月婷.淮河流域城市化与水环境耦合研究[D].南京:南京大学,2013.

[9] 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):113-118+123.

[10] 黄涛珍,刘栋,黄萍.基于耦合模型的城市化与水资源保护关系研究——以南京市为例[J].环境科学与管理,2015,40(12):9-14.

[11] 赵晓莉.大连市城市化与水源的耦合协调关系研究[D].大连:辽宁师范大学,2017.

[12] 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):120-129.

[13] 陈浩,黄绵松,刘建.青岛市城市化与水环境耦合协调关系评估[J].人民黄河,2019,41(7):97-102,106.