

基于总量和强度控制的区域水资源承载能力评价研究

李丹阳, 方国华, 黄显峰

(河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 为了探究基于总量和强度控制的区域水资源承载能力评价指标体系对于区域水资源承载能力评价研究的可行性,在分析水资源双控行动的基础上,构建基于总量和强度控制的南京市浦口区水资源承载能力评价指标体系,并建立模糊综合评价模型对浦口区的水资源承载能力进行综合评价。结果表明:南京市浦口区水资源承载能力2016年为一般,2020年为较好,2025年为较好。这与浦口区经济社会发展相适应,说明在研究区域水资源承载能力时,可建立基于总量和强度控制的区域水资源承载能力评价指标体系。

关键词: 水资源承载能力; 水资源总量; 水资源强度; 模糊综合评价; 南京市浦口区

中图分类号:TV213.4 文献标识码:A 文章编号:1672-643X(2019)05-0134-06

Evaluation of regional water resources carrying capacity based on total quantity and intensity control

LI Danyang, FANG Guohua, HUANG Xianfeng

(College of Water Conservancy and Hydropower, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: To explore the feasibility of regional water resources carrying capacity evaluation index system based on total quantity and intensity control, the evaluation index system of water resources carrying capacity in Pukou District was constructed based on total and intensity control, and the fuzzy comprehensive evaluation model was established to evaluate the carrying capacity of water resources in Pukou District, based on the analysis of the dual-control action of water resources. The results showed that the carrying capacity of water resources in Pukou District was normal in 2016, relative good in 2020 and relative good in 2025. The results correspondes with the economic and social development of Pukou District, which shows that the evaluation index system of regional water resources carrying capacity based on total quantity and intensity control is feasible in the study of regional water resources carrying capacity evaluation.

Key words: water resources bearing capacity; total water resource; water resources intensity; fuzzy comprehensive evaluation; Pukou District of Nanjing City

1 研究背景

我国境内水资源总量丰富,但人均水资源量不足,水环境问题严峻,已成为制约我国经济和社会可持续发展的关键因素^[1]。随着经济社会的不断发展,在今后相当长的一段时间内,水资源供需矛盾将会更加突出^[2]。

水资源承载能力对于一个国家或地区的可持续发展、提升综合发展能力、持续扩大发展规模来说十分重要^[3]。然而,区域的快速发展导致水问题越来

越严重,甚至导致水资源承载能力过载。由于水问题日益严重,新疆水资源研究组^[4]首次开展对水资源承载能力的研究。Naimi - ait - aoudia 等^[5]以严重缺水国家阿尔及利亚为研究区域,开发出水资源承载能力评价软件并计算出该地区的水资源总量。孟珍珠等^[6]以“健康、发展、协调”为准则构建了基于和谐论的水资源承载力评价指标体系。时佳等^[7]从社会、经济、水资源、生态和环境5个方面建立并完善了水资源承载力量化指标体系。蒋汝成等^[8]从水资源、水环境、经济和社会4个系统中选取

收稿日期:2019-04-11; 修回日期:2019-06-21

作者简介:李丹阳(1996-),女,河南郑州人,硕士研究生,研究方向为水资源规划及利用。

通讯作者:方国华(1964-),女,安徽定远人,博士,教授,博士生导师,研究方向为水资源规划、水利水电系统规划与优化调度。

指标构建评价指标体系并进行评价。危文广等^[9]从水资源、社会、经济和生态环境4个子系统选取定量指标作为评价因素。综观国内外学者在研究水资源承载力时,评价指标体系的构建主要集中于两大方面:自然生态与经济社会。基于这两者所建立的评价指标体系,虽经典和具有代表性,但随着水资源“双控”行动的提出,可考虑基于“双控”理论建立评价指标体系,以顺应时代的发展和政策的施行。

为了控制水资源消耗,提高区域水资源承载力,2012年国务院颁布了《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》文件,明确实行“三条红线”管理;并在第十二届全国人大四次会议上通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中明确提出,要实施水资源消耗总量和强度双控行动^[10]。自“双控”行动实施以来,计划推进53条跨省江河流域水量分配已完成19条,多个项目已完成水资源论证并核减水量 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$,制定并颁布取水定额国家标准累计达32项,全国31个省区市实现用水定额全覆盖^[11]。然而,还存在着部分省份未将用水强度指标分解到县级行政区域、规划水资源论证缺乏顶层设计、全国性的节水条例及实施安排未出台、个别地区没有足够重视节水工作、农业用水浪费现象依然比较严重、对最严格的水资源管理制度与“双控”行动之间的联系认识不到位等问题^[12]。因此,本文从水资源总量和强度两方面入手,结合水资源质量构建评价指标体系,采用层次分析法(主观)和熵值法(客观)相结合的方法确定各指标权重,建立模糊综合评价模型对南京市浦口区的水资源承载力进行综合评价,以便为更好组织和实施“双控”行动提供依据,进一步促进经济社会发展要素与水资源承载力相互协调。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

南京市浦口区地处南京市西北部,长江下游北岸,国土总面积为 913.75 km^2 。2016年,浦口区常住人口为 76.99×10^4 人;水资源总量为 $7.437 \times 10^8 \text{ m}^3$ (不包含过境水资源量),总供水量为 $31\,321 \times 10^4 \text{ m}^3$,实际用水总量 $3\,1321 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中,第一产业用水量为 $21\,960 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、第二产业用水量为 $1\,918 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、第三产业用水量为 $910 \times 10^4 \text{ m}^3$;全区万元GDP用水量 33.8 m^3 ,万元工业增加值用水量 5.6 m^3 ,农田灌溉水有效利用系数0.66;城市供水管网漏损率11.6%;污水总处理量为 $2\,206 \times 10^4$

t,污水处理率为83%;再生水回用率为4.1%;水功能区达标率为56.25%,工业用水计量率为95%。

2.2 研究方法

2.2.1 评价指标体系构建 为了对区域水资源承载力进行综合评价,需要构建一套科学合理的区域水资源承载力评价指标体系,使体系中大量相互联系并制约的因素能够条理清晰、层次分明。在构建指标体系时,应当首先分析可能对区域水资源承载力产生影响的因素,然后将总量、强度、质量这3种类型的指标进一步分解为若干个分析指标,从而构成相应的指标体系。

总量即水资源消耗总量,是反映区域和各产业所消耗水资源量的最大值,也是反映水资源开发利用程度最有效的指标。分析水资源消耗总量,可以掌握区域和各行业的可用水总量,同时也会促进区域对水资源消耗强度的管理。强度即水资源利用效率,包括单位产品、单位面积、单位人口等用水量,通过分析水资源在经济、人口、技术等方面的利用效率,可以更好地辨识方向、抓住重点、采取措施,提高水资源利用效率。质量即水质,通过分析区域水质情况,确定区域水资源对生态环境的影响,从而更加全面地对水资源承载力进行评价。

根据评价指标选取的五大原则,可采用理论分析法、频度统计法和专家咨询法进行具体的指标选取^[13]。理论分析法是对区域水资源承载力评价进行综合分析,结合水资源“双控”行动的目标,选择具有代表性的重要特征指标。“双控”行动的主要内容在最严格的水资源管理制度中已有所体现,从本质上来说,“双控”行动是最严格水资源管理制度的拓展^[10],如区域用水总量(以水资源开发利用率代替)、万元工业增加值用水量、农田灌溉水有效利用系数、水功能区水质达标率等,“双控”行动还增加了控制万元国内生产总值用水量。频度分析法是根据国内外与区域水资源承载力评价相关的文献进行频度统计,分析后选择频率较高的指标,比如人均供水量、需水模数、工业用水计量率、污水处理率等。专家咨询法是初步确定指标后,征询在区域水资源承载力评价领域的专家意见,对所选指标进行调整,最终完成区域水资源承载力评价指标体系的指标选取。经综合分析,确定基于总量和强度控制的区域水资源承载力评价指标,见图1。

本文选择浦口区现状水平年(2016年)、近期水平年(2020年)和远期水平年(2025年)作为研究对象,并根据选取的各评价指标的相关数据,确定南京

市浦口区水资源承载能力评价指标体系和3个水平年各指标数据,如表1所示。

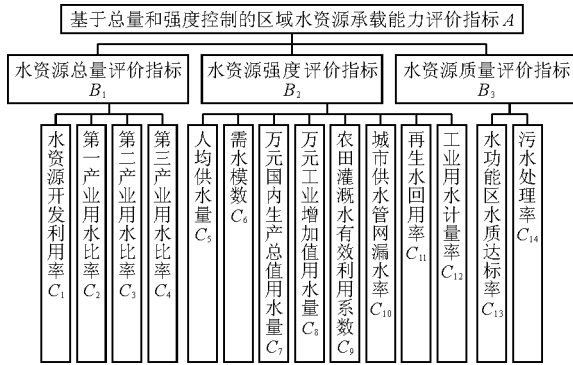


图1 基于总量和强度控制的区域水资源承载能力评价指标

表1 浦口区水资源承载能力评价指标体系及水平年指标数据

指标层	2016年	2020年	2025年
$C_1 / \%$	42.1	45.4	48.3
$C_2 / \%$	70.1	65.0	58.0
$C_3 / \%$	6.1	7.4	9.3
$C_4 / \%$	2.9	3.5	4.5
C_5 / m^3	406.80	393.95	381.49
$C_6 / 10^4 (m^3 \cdot km^{-2})$	34.25	39.40	42.00
C_7 / m^3	33.8	33.4	32.4
C_8 / m^3	5.6	5.2	4.4
C_9	0.66	0.68	0.75
$C_{10} / \%$	11.6	10.0	5.0
$C_{11} / \%$	4.1	6.0	13.0
$C_{12} / \%$	95	98	100
$C_{13} / \%$	56.25	75.00	90.00
$C_{14} / \%$	83	90	100

2.2.2 评价等级与标准确定 在现有研究成果的基础上^[3],考虑区域水资源承载能力与该区域经济社会发展能力的协调性,可将其划分为5个等级,分别为好(a_1)、较好(a_2)、一般(a_3)、较差(a_4)和差(a_5)。“好”等级说明该区域水资源承载能力强,可与经济社会发展相适应;“一般”等级说明该区域水资源承载能力与经济社会发展水平处于平衡状态;“差”等级说明该区域水资源承载能力将突破极限值,继续发展下去将破坏生态平衡;“较好”等级和“较差”等级则分别位于“好”与“一般”、“一般”与“差”的等级之间。具体分级界限为: $0.9 < a_1 \leq 1.0$, $0.7 < a_2 \leq 0.9$, $0.5 < a_3 \leq 0.7$, $0.3 < a_4 \leq 0.5$, $0 < a_5 \leq 0.3$ 。

综合考虑国际上相关指标的警戒值,以及全国、江苏省和南京市范围内各项指标的上限值和下限值,界定5个等级的阈值,以此来确定水资源承载能力评价指标的评价标准,具体见表2。

2.2.3 指标权重计算 指标权重会直接影响到多目标综合评价的结果。目前确定指标权重的方法有很多,可按照主、客观性,将其分为主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法确定的指标权重能够充分考虑决策者的偏好,但当评价指标数量较多时,计算结果可靠性较低;客观赋权法是根据各指标的实际数据确定权重,不会因为主观判断的失误而影响权重。因此,指标具体数值不确定时可用层次分析法(主观性)进行计算,若是已知每项指标的具体数值,则可利用熵值法(客观性)进行计算。

本文首先采用熵值法计算指标层对准则层的权重,然后采用层次分析法计算准则层对目标层的权重,最后将两次运算的权重值进行综合,得到指标层对目标层的组合权重^[14]。主客观相结合,使计算结果更具有可靠性。计算公式为:

$$Q_z = \sum_{y=1}^Z Q_y Q_{yz} \quad (y = 1, 2, 3, \dots, Y) \quad (1)$$

式中: Q_z 为指标层对目标层的组合权重; Q_y 为准则层对目标层的相对权重,即一级权重; Q_{yz} 为指标层对准则层的相对权重,即二级权重; Y 为准则层数量; Z 为指标层数量。

首先,依据浦口区水资源承载能力控制现状水平年(2016年)、近期水平年(2020年)和远期水平年(2025年)的实际指标值(表1),采用熵值法确定指标层的指标对其相应准则层的权重(具体见表3)。其次,针对浦口区基于总量和强度控制的水资源承载能力评价指标体系,邀请10名专家对准则层的3类指标进行打分,根据其打分结果,采用层次分析法确定准则层对目标层的相对权重 $Q_y = (0.4599, 0.3189, 0.2211)$ 。最后计算得到组合权重,即各项指标对目标层的权重。计算结果如表3所示。

2.2.4 模糊综合评价模型构建 模糊综合评价模型的构建与计算步骤如下^[15]:

步骤1:建立因素集、评判集与权重集。

因素集是综合评价的因素所组成的集合,用有限论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 表示,其中 $u_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 代表各评价因素;评判集是对评判对象的评语所组成的集合,用有限论域 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 表示,其中 $v_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 代表各种可能的评价结果。为了反映各评价因素各自的重要程度,需要对各

个因素赋予相应的权重 q_i ,组成权重集 $Q = (q_1, q_2, \dots, q_m)$ 。

步骤 2:建立隶属度矩阵。

对每一个因素 u_i 建立单因素评判集 R_i ,设 r_{ij} 表示因素集 U 的第 i 个因素的评价结果,即 u_i 对 v_j 的隶属度,则单因素评判集为 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ 。将各因素评判集的隶属度按行排列,构成因素集与评判集的隶属度矩阵 $R = r_{ij}$ 。

步骤 3:模糊综合评价结果的确定。

采用加权平均法,评价结果可表示为下列模糊变换 $B = Q \times R$,其中, B 为 V 上的模糊子集, $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, $0 \leq b_j \leq 1$, b_j 为等级 v_j 对综合评价

模糊子集 B 的隶属度。

步骤 4:确定区域水资源承载能力的评价等级。

采用加权平均法,给评价等级中的每一个等级赋分,根据与 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 各等级对应的评分值 a_1, a_2, \dots, a_n ,即可求得水资源承载能力的综合评分值 a ,计算公式如下:

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n b_j a_j}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (2)$$

根据计算所得的出的综合评分值,可以确定该区域水资源承载能力。

表 2 水资源承载力评价指标评价标准

评价指标	类型	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
$C_1/\%$	逆	[0,10]	(10,30]	(30,0]	(50,80]	(80,100]
$C_2/\%$	逆	[50,60]	(60,70]	(70,80]	(80,90]	(90,100]
$C_3/\%$	正	(12,15]	(9,12]	(6,9]	(3,6]	[0,3]
$C_4/\%$	正	(4,5]	(3,4]	(2,3]	(1,2]	[0,1]
C_5/m^3	正	(400,600]	(350,400]	(300,350]	(250,300]	[0,250]
$C_6/10^4(\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	逆	[0,30]	(30,45]	(45,60]	(60,80]	(80,100]
C_7/m^3	逆	[0,50]	(50,100]	(100,300]	(300,600]	(600,800]
C_8/m^3	逆	[0,30]	(30,50]	(50,70]	(70,90]	(90,108]
C_9	正	(0.7,0.8]	(0.6,0.7]	(0.5,0.6]	(0.4,0.5]	[0,0.4]
$C_{10}/\%$	逆	[0,6]	(6,12]	(12,18]	(18,24]	(24,30]
$C_{11}/\%$	正	(12,15]	(9,12]	(6,9]	(3,6]	[0,3]
$C_{12}/\%$	正	(95,100]	(90,95]	(85,90]	(80,85]	[70,80]
$C_{13}/\%$	正	(90,100]	(80,90]	(70,80]	(60,70]	[0,60]
$C_{14}/\%$	正	(80,100]	(65,80]	(50,65]	(35,50]	(0,35]

表 3 浦口区水资源承载力各评价指标权重值

指标层	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}
二级权重	0.245	0.249	0.251	0.255	0.114	0.122	0.127	0.122	0.134	0.132	0.136	0.113	0.490	0.510
组合权重	0.113	0.115	0.115	0.117	0.036	0.039	0.040	0.039	0.043	0.042	0.043	0.036	0.108	0.113

3 评价结果与分析

根据表 1 中各评价指标的具体数值,计算得出各评价指标的隶属度,所得 3 个水平年的模糊综合评判矩阵分别为 R_{2016} 、 R_{2020} 、 R_{2025} 。

根据各评价指标组合权重值构造相应的权重矩阵 Q ,由权重矩阵 Q 和模糊综合评判矩阵 R 采用加权平均法得到南京市浦口区基于总量和强度控制的

区域水资源承载力各水平年的评价结果矩阵 B 如下所示:

$$B_{2016} = (0.197, 0.205, 0.205, 0.202, 0.190)$$

$$B_{2020} = (0.246, 0.256, 0.252, 0.246, 0)$$

$$B_{2025} = (0.255, 0.250, 0.250, 0.244, 0)$$

为了便于对水资源承载力大小进行比较,确定 $a_1 = 0.95$ 、 $a_2 = 0.85$ 、 $a_3 = 0.6$ 、 $a_4 = 0.4$ 、 $a_5 = 0.01$ 。根据公式(2)可计算得出 $a_{2016} = 0.568$, $a_{2020} =$

$0.701, a_{2025} = 0.703$ 。

$$R_{2016} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.916 & 0.084 & 0 \\ 0 & 0.49 & 0.51 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.533 & 0.467 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0.636 & 0.364 & 0 & 0 & 0 \\ 0.217 & 0.783 & 0 & 0 & 0 \\ 0.824 & 0.176 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.567 & 0.433 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.867 & 0.133 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.125 & 0.875 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{2020} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.784 & 0.216 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.967 & 0.033 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.379 & 0.621 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.873 & 0.127 & 0 & 0 \\ 0.832 & 0.168 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.833 & 0.167 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_{2025} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.668 & 0.332 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.130 & 0.870 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.852 & 0.148 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.667 & 0.333 & 0 & 0 & 0 \\ 0.833 & 0.167 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

由计算结果可知,2016年浦口区水资源承载力为一般,2020和2025年浦口区水资源承载力为较好。

浦口区2016年水资源承载力综合评分值为0.568,承载力为一般,区域水资源总量、强度和质量基本合理。14项评价指标中,5项评价指标等级为好,3项评价指标等级为较好,4项评价指标等级为一般,1项评价指标等级为较差,1项评价指标等级为差,未达标指标为再生水回用率和水功能区水质达标率。这主要是因为灌区工程设施老化失修,农民大水漫灌习惯未彻底改变,全区灌溉水利用系数在0.66左右,与节水型社会的要求仍有差距,有待进一步提高;同时,部分工业企业用水习惯也有待改善,用水重复利用率有待提高;雨水、中水等非传统水源利用程度还不高,再生水回用率为4.1%,节水潜力仍然很大。此外,境内部分河湖水质未能稳定达标,水功能区水质达标率只有56.3%,河湖水体污染仍较严重,水产养殖和农业污染物排放量大,处理率低,部分地区水质监测站网布置不尽合理,水环境现状与功能区划总体要求还不相适应,与节水型社会建设要求仍有一定差距。

浦口区2020年的水资源承载力综合评分值为0.701,承载力为较好,14项评价指标中,4项评价指标等级为好,6项评价指标等级为较好,4项评价指标等级为一般。浦口区2025年的水资源承载力综合评分值为0.703,承载力为较好,14项评价指标中,9项评价指标等级为好,4项评价指标等级为较好,1项评价指标等级为一般。在近期、远期水平年指标中,第一产业用水比重和城市供水管网漏损率降低,第三产业用水比重、农田灌溉水有效利用系数、再生水回用率和水功能区水质达标率增加,浦口区规划年的水资源承载力相对于现状年来说有进一步的提高,这主要是因为“十三五”建设期间,浦口区严格按照“双控”行动的要求,控制了水资源的消耗总量和强度,完成了水资源的分配优化,实现了水资源高效利用,同时全面提升了浦口区节水技术水平并应用到各行业。

4 结 论

通过对基于总量和强度控制的区域水资源承载力进行评价研究,主要结论如下:

(1) 本文在我国实施“双控”行动的基础上,建立了一套基于总量和强度控制的浦口区水资源承载力评价指标体系,并从水资源总量、水资源强度和

水资源质量 3 个方面构建了包含目标层、3 个准则层和 14 个指标层的评价指标体系。采用层次分析法(主观)和熵值法(客观)相结合的方法,确定了各评价指标的组合权重。并选取浦口区 2016、2020 和 2025 年 3 个水平年的相关数据进行研究,构建了模糊综合评价模型对浦口区水资源承载能力进行综合评价,确定了浦口区 3 个水平年水资源承载能力等级分别为一般、较好、较好,与浦口区现状及未来发展趋势相适应,从而确定了基于总量和强度控制的区域水资源评价指标体系的可行性。

(2)根据本文所建立的基于总量和强度控制的区域水资源承载能力评价指标体系,结合我国“十三五”规划中的“双控”行动施行过程中出现的问题,可以更加快速地找出问题的根源,以采取最恰当的方法解决问题,缩短提高区域水资源承载能力的进程。

(3)由于水资源承载能力研究的复杂性,本文还存在一些不足,主要集中于确定各评价指标的评价等级时,受限于研究对象和研究区域,存在局限性,且随着地区对水资源承载能力的逐渐重视以及对水资源管理水平的不断加强,某些指标的评价标准会发生变化。因此需要根据研究区域的实际情况不断地修改完善评价标准,保证其适用性。

参考文献:

- [1] 左一鸣,崔广柏,王振龙,等.我国水资源可持续利用探索[J].人民黄河,2005,27(9):41-42+53.
- [2] 陈雷.全面实施水资源消耗总量和强度双控行动着力保障经济社会持续健康发展[J].中国水利,2016(23):21-24.
- [3] 黄显峰,李宛谕,方国华,等.基于 SPA 和云理论的水资

源承载能力评价研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2019,40(1):9-15+63.

- [4] 新疆水资源软科学课题组.新疆水资源及其承载能力和开发战略对策[J].水利水电技术,1989(6):2-9.
- [5] NAIMI-AIT-AOUDIA M, BEREZOWSKA-AZZAG E. Algiers carrying capacity with respect to per capita domestic water use [J]. Sustainable Cities and Society, 2014, 13:1-11.
- [6] 孟珍珠,唐德善,魏宇航等.和谐论在水资源承载力综合评价中的应用[J].水资源保护,2016,32(3):54-58+116.
- [7] 时佳,薛联青,陈新芳,等.基于综合赋权法的叶尔羌河流域水资源承载力可变模糊综合评价[J].水资源与水工程学报,2017,28(5):32-36.
- [8] 蒋汝成,顾世祥.熵权法-正态云模型在云南省水生态承载力评价中的应用[J].水资源与水工程学报,2018,29(3):118-123.
- [9] 危文广,黎良辉,赖敬飞,等.基于理想点法的江西省水资源承载力评价[J].水资源与水工程学报,2018,29(6):25-30.
- [10] 王建华,何凡.承载力视域下的水资源消耗总量和强度双控行动认知解析[J].中国水利,2016(23):34-35+40.
- [11] 陈晨.水资源消耗“双控”行动成效如何[N].光明日报,2018-03-22(10).
- [12] 严婷婷,刘定湘,罗琳,等.水资源消耗总量和强度双控行动落实情况分析与思考[J].水利发展研究,2017,17(11):89-93.
- [13] 王金国.中国水电可持续发展评价指标体系研究[M].成都:西南交通大学出版社,2011:113-118.
- [14] 杨阳,方国华,黄显峰,等.基于改进模糊物元分析法的区域最严格水资源管理评价[J].水资源保护,2014,30(6):19-24.
- [15] 方国华,黄显峰.多目标决策理论、方法及其应用[M].北京:科学出版社,2011:150-156.