

江阴市水资源承载能力综合评价

胡晓雨¹, 陆 隽², 蒋 咏¹, 王聪聪², 崔彦萍², 杨树滩¹

(1. 江苏省水资源服务中心, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

摘要: 基于最严格水资源管理制度的要求, 从水量、水效、水质、水生态 4 个维度构建了江阴市水资源承载能力评价指标体系, 并提出了评价指标分级标准。采用模糊综合评判法对江阴市 2011—2016 年水资源承载能力进行评价, 结果表明, 江阴市水资源承载能力逐年增强, 并从超载向临界超载转变。最后, 针对水功能区水质达标率、集中式饮用水水源地达标率、地下水埋深三大水资源承载能力限制因子, 提出了江阴市水资源调控的措施建议。

关键词: 水资源承载能力; 指标体系; 评价; 江阴市

中图分类号: TV213

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2018)04-0045-05

江阴市位于江苏省南部, 长江三角洲太湖平原北端, 北枕长江, 南临无锡市区, 西邻常州市, 东接张家港市, 总面积 987.0 km²。江阴市河网密布, 水道纵横, 河网密度 4.98 km/km², 为典型的平原低洼河网区。江阴市多年平均水资源总量 5.3 亿 m³, 其中地表水资源量 4.0 亿 m³, 地下水资源量 1.3 亿 m³。江阴市本地水资源量不足, 过境水资源量丰富, 城乡供水 80% 以上依赖长江。随着经济社会快速发展以及苏南现代化建设示范区的推进, 江阴市污染物入河量逐步超出水体纳污能力, 境内大部分水体丧失了饮用水供水功能, 锡澄运河、张家港、老桃花港、老夏港河等主要河流的水质污染严重, 加之地下水位持续多年超过禁采水位, 愈发严峻的水资源形势已成为制约江阴市经济社会可持续发展的主要瓶颈。因此, 开展江阴市水资源承载能力评价研究, 有利于根据区域的水资源条件及其承载能力, 明确水资源开发利用上限, 有效控制水资源开发强度, 对于促进社会经济系统、水资源系统、生态系统三者协同发展具有十分重要的现实意义。

水资源承载能力评价方法主要分为三类^[14]: ①综合评价法^[5], 即根据水资源承载能力的评价指标和评价标准, 运用某种评价方法, 对水资源承载力进行定性评价, 如模糊综合评判法^[6-7]、投影寻踪法^[8]、主成分分析法^[9]等; ②经验公式法, 即选定某些经验公式或指标, 通过计算来判断水资源承载力

大小, 如背景分析法、指标计算法等^[10-11]; ③系统分析法, 即将水资源承载力的主体和客体耦合成一个整体, 通过系统研究, 计算得到水资源承载力, 如系统动力学法、优化模型法、COIM 法等。其中, 应用最为广泛的是综合评价法, 其核心之一是建立科学合理的评价指标体系。

传统的水资源承载能力评价指标体系主要分为两种: ①从全国水资源供需分析的指标体系中, 结合区域实际选择部分指标; ②基于水资源社会经济复合系统的特征, 选择影响区域水资源承载能力的主要指标。但从评价指标选择和分级标准确定来看, 这两类指标体系并没有与最严格水资源管理制度的量化目标有机结合, 难以为管理部门提供有效的决策依据。针对这一问题, 本文立足最严格水资源管理需求, 建立一套符合江阴市特点的水资源承载能力评价指标体系, 运用模糊综合评价法对江阴市水资源承载能力进行评价, 在此基础上提出江阴市水资源调控的措施建议。

1 水资源承载能力模糊综合评价方法

1.1 基于最严格水资源管理制度的评价指标体系

2012 年 1 月, 国务院发布《关于实行最严格水资源管理制度的意见》^[12], 确立了用水总量、万元工业增加值用水量、水功能区水质达标率等量化目标, 对实行最严格水资源管理制度做出了全面部署和具

基金项目: 江苏省水利科技项目(2014028; 2016001)

作者简介: 胡晓雨(1987—), 女, 工程师, 硕士, 主要从事水资源规划、管理及保护等研究。E-mail: huxiaoyu0907@126.com

体安排。其中,水量方面要求加强水资源开发利用控制红线管理,严格实行用水总量控制;水效方面要求加强用水效率控制红线管理,全面推进节水型社会建设;水质方面要求加强水功能区限制纳污红线管理,加强饮用水水源保护;水生态方面要求开发利用水资源应维持河流合理流量和湖泊、水库以及地下水的合理水位,充分考虑基本生态用水需求。基于最严格水资源管理制度对水量、水效、水质、水生态的要求,综合考虑江阴市具有本地水资源不足、水质型缺水、地下水超采等特点,并遵循可操作、可度量、可监测等原则,构建江阴市水资源承载能力评价指标体系,见表1。

表1 基于最严格水资源管理制度的江阴市水资源承载能力评价指标体系

准则层	指标层	指标类型	指标含义
水量	年用水总量 B_1 /亿 m^3	反向	多年平均来水条件下的年度用水总量,且2000年以后新增火(核)电冷却水量按耗水量计
	地下水年用水量 B_2 /亿 m^3	反向	地下水年度开采量
水效	万元工业增加值用水量 B_3 / m^3	反向	年度工业(不含火电)用水量与工业增加值的比值
	居民人均生活用水量 B_4 /(L·d $^{-1}$)	反向	每一用水人口平均每天的生活用水量
水质	水功能区水质达标率 B_5 /%	正向	水功能区水质达标个数与监测个数的比值
	集中式饮用水水源达标率 B_6 /%	正向	通过省级达标验收的集中式饮用水水源地个数与集中式饮用水水源地总个数的比值
水生态	生态用水保证率 B_7 /%	正向	河道内生态水量满足程度
	地下水埋深 B_8 /m	反向	地下水水位降落漏斗的中心埋深

1.2 评价指标分级

参考江阴市3条红线控制指标、水资源管理现代化建设方案、水生态文明城市建设方案等相关成果,将评价指标体系中的8项指标划分为 V_1 、 V_2 、 V_3 共3个等级。 V_1 表示该区域不超载,水资源承载能力较强; V_3 表示该区域超载,水资源承载能力较弱; V_2 表示该区域临界超载,水资源承载能力介于 V_1 、 V_3 之间。各评价指标的分级值

表2 江阴市水资源承载能力评价指标分级

等级	B_1 /亿 m^3	B_2 /亿 m^3	B_3 / m^3	B_4 /(L·d $^{-1}$)	B_5 /%	B_6 /%	B_7 /%	B_8 /m
V_1	[0,19.9)	[0,0.69)	[0,13.5)	[0,150)	[82,100]	[95,100]	[95,100]	[0,25)
V_2	[19.9,22.1)	[0.69,0.76)	[13.5,18)	[150,300)	[62,82)	[75,95)	[80,95)	[25,50)
V_3	[22.1,∞)	[0.76,∞)	[18,∞)	[300,∞)	[0,62)	[0,75)	[0,80)	[50,∞)

见表2。

1.3 确定指标权重

确定权重的方法通常有专家估测法、模糊协调决策法、层次分析法、熵权法、组合权重法等。为综合考虑主客观因素,将专家估测法、熵权法^[13-15]进行耦合,采用组合权重法确定各评价指标的权重。假设主观权重为 u_i^z ,客观权重为 u_i^k ,则综合权重

$$u_i = 0.5(u_i^z + u_i^k)$$

1.4 建立模糊关系矩阵

采用分段函数作为隶属函数^[16]来确定模糊关系矩阵 R 。对于正向指标,隶属于 V_1 、 V_2 、 V_3 等级的隶属函数分别为

$$V_1(b_i) = \begin{cases} 0.5 \left(1 + \frac{k_{i1} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i > k_{i1} \\ 0 & b_i \leq k_{i2} \\ 0.5 \left(1 - \frac{b_i - k_{i1}}{k_{i2} - k_{i1}} \right) & k_{i1} \geq b_i > k_{i2} \end{cases} \quad (1)$$

$$V_2(b_i) = \begin{cases} 0.5 \left(1 - \frac{k_{i1} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i > k_{i1} \\ 0.5 \left(1 + \frac{b_i - k_{i1}}{k_{i2} - k_{i1}} \right) & k_{i1} \geq b_i > k_{i2} \\ 0.5 \left(1 + \frac{k_{i3} - b_i}{k_{i3} - k_{i2}} \right) & k_{i2} \geq b_i > k_{i3} \end{cases} \quad (2)$$

$$V_3(b_i) = \begin{cases} 0.5 \left(1 - \frac{k_{i3} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i \leq k_{i3} \\ 0.5 \left(1 + \frac{k_{i3} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i \leq k_{i3} \\ 0 & b_i > k_{i2} \\ 0.5 \left(1 - \frac{b_i - k_{i3}}{k_{i2} - k_{i3}} \right) & k_{i2} \geq b_i > k_{i3} \end{cases} \quad (3)$$

对于反向指标,隶属于 V_1 、 V_2 、 V_3 等级的隶属函数分别为

$$V_1(b_i) = \begin{cases} 0.5 \left(1 + \frac{k_{i1} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i < k_{i1} \\ 0 & b_i \geq k_{i2} \\ 0.5 \left(1 - \frac{b_i - k_{i1}}{k_{i2} - k_{i1}} \right) & k_{i1} \leq b_i < k_{i2} \end{cases} \quad (4)$$

$$V_2(b_i) = \begin{cases} 0.5 \left(1 - \frac{k_{i1} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i < k_{i1} \\ 0.5 \left(1 + \frac{b_i - k_{i1}}{k_{i2} - k_{i1}} \right) & k_{i1} \leq b_i < k_{i2} \\ 0.5 \left(1 + \frac{k_{i3} - b_i}{k_{i3} - k_{i2}} \right) & k_{i2} \leq b_i < k_{i3} \\ 0.5 \left(1 - \frac{k_{i3} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i \geq k_{i3} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_3(b_i) = \begin{cases} 0.5 \left(1 + \frac{k_{i3} - b_i}{k_{i2} - b_i} \right) & b_i \geq k_{i3} \\ 0 & b_i < k_{i2} \\ 0.5 \left(1 - \frac{b_i - k_{i3}}{k_{i2} - k_{i3}} \right) & k_{i2} \leq b_i < k_{i3} \end{cases} \quad (6)$$

式中: b_i 为第 i 个评价指标的实际值; $V_j(b_i)$ 为第 i 个评价指标在 V_j 等级上的隶属度; k_{i1} 为第 i 个评价指标在 V_1 等级和 V_2 等级的临界值; k_{i2} 为第 i 个评价指标在 V_2 等级的中间值; k_{i3} 为第 i 个评价指标在 V_2 等级和 V_3 等级的临界值。

根据上述隶属函数, 计算出各评价指标对应各评价等级的隶属度, 得到模糊关系矩阵 $R = (r_{ij})_{8 \times 3}$, 其中 $r_{ij} = V_j(b_i)$ ($i = 1, 2, \dots, 8, j = 1, 2, 3$)。

1.5 综合评价

采用加权平均算子, 将模糊关系矩阵 R 和权重矩阵 U 进行模糊复合运算, 得到模糊综合评判矩阵 D :

$$D = U \cdot R = (d_1, d_2, d_3) \quad (7)$$

$$\text{其中 } d_j = \sum_{i=1}^8 (u_i \cdot r_{ij}) \quad (j = 1, 2, 3)$$

为综合评价水资源承载能力状态, 定量反映不同年份水资源承载能力水平, 对 V_1 、 V_2 、 V_3 用 1 分制数量化, 令 $a_1 = 0.95$, $a_2 = 0.5$, $a_3 = 0.05$ 。综合评价计算公式如下:

$$a = \frac{\sum_{j=1}^3 d_j^k a_j}{\sum_{j=1}^3 d_j^k} \quad (8)$$

式中: a 为水资源承载能力综合评分值; k 为系数, 通常取 1。

a 值越高, 说明水资源承载能力越强。利用 a 值对水资源承载能力综合评价结果进行定性, 将 a 值划分为 3 个区间: 当 a 低于 0.4 时, 该区域超载; 当 a 高于 0.7 时, 该区域不超载; 当 a 介于两者之间时, 该区域临界超载^[17]。

2 江阴市水资源承载能力综合评价

2.1 评价指标统计

根据《江苏省统计年鉴》《江苏省水资源公报》《江苏省地下水年报》等资料, 计算出江阴市 2011—2016 年水资源承载能力评价指标值, 见表 3。

2.2 综合评价结果

采用组合权重法计算得到权重矩阵 $U = (0.13, 0.08, 0.12, 0.12, 0.18, 0.17, 0.07, 0.13)$ 。

根据隶属函数公式计算江阴市 2011—2016 年各评价指标对应各评价等级的隶属度, 继而得到模糊关系矩阵 R :

$$R_{2011} = \begin{bmatrix} 0.78 & 0.22 & 0 \\ 0.97 & 0.03 & 0 \\ 0 & 0.33 & 0.67 \\ 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0 & 0.12 & 0.88 \\ 0 & 0.06 & 0.94 \\ 0.17 & 0.83 & 0 \\ 0 & 0.23 & 0.77 \end{bmatrix}$$

$$R_{2012} = \begin{bmatrix} 0.78 & 0.22 & 0 \\ 0.97 & 0.03 & 0 \\ 0 & 0.55 & 0.45 \\ 0.57 & 0.43 & 0 \\ 0 & 0.11 & 0.89 \\ 0 & 0.06 & 0.94 \\ 0.17 & 0.83 & 0 \\ 0 & 0.21 & 0.79 \end{bmatrix}$$

表 3 江阴市 2011—2016 年水资源承载能力评价指标值

年份	$B_1/\text{亿 m}^3$	$B_2/\text{亿 m}^3$	B_3/m^3	$B_4/(\text{L} \cdot \text{d}^{-1})$	$B_5/\%$	$B_6/\%$	$B_7/\%$	B_8/m
2011	18.5	0.03	19.1	138.1	29.6	0	90	64.2
2012	18.5	0.03	17.8	138.2	25.9	0	90	66.8
2013	18.3	0.01	16.0	152.6	33.3	0	95	63.5
2014	18.3	0.01	14.8	150.8	29.6	0	100	62.6
2015	18.4	0.04	13.7	150.3	51.9	0	100	58.3
2016	18.3	0.04	12.0	149.7	61.5	0	100	51.4

$$R_{2013} = \begin{bmatrix} 0.79 & 0.21 & 0 \\ 0.97 & 0.03 & 0 \\ 0 & 0.95 & 0.05 \\ 0.48 & 0.52 & 0 \\ 0 & 0.13 & 0.87 \\ 0 & 0.06 & 0.94 \\ 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0 & 0.24 & 0.76 \end{bmatrix}$$

$$R_{2014} = \begin{bmatrix} 0.80 & 0.20 & 0 \\ 0.97 & 0.03 & 0 \\ 0.20 & 0.80 & 0 \\ 0.49 & 0.51 & 0 \\ 0 & 0.12 & 0.88 \\ 0 & 0.06 & 0.94 \\ 0.70 & 0.30 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \end{bmatrix}$$

$$R_{2015} = \begin{bmatrix} 0.79 & 0.21 & 0 \\ 0.97 & 0.03 & 0 \\ 0.46 & 0.54 & 0 \\ 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0.06 & 0.94 \\ 0.70 & 0.30 & 0 \\ 0 & 0.30 & 0.70 \end{bmatrix}$$

$$R_{2016} = \begin{bmatrix} 0.80 & 0.20 & 0 \\ 0.97 & 0.03 & 0 \\ 0.70 & 0.30 & 0 \\ 0.50 & 0.50 & 0 \\ 0 & 0.48 & 0.52 \\ 0 & 0.06 & 0.94 \\ 0.70 & 0.30 & 0 \\ 0 & 0.45 & 0.55 \end{bmatrix}$$

由权重矩阵 U 和模糊关系矩阵 R , 计算江阴市 2011—2016 年水资源承载能力评判矩阵 D , 并求得相应的水资源承载能力综合评分值, 见表 4。

表 4 江阴市 2011—2016 年水资源承载能力综合评价结果

年份	V_1	V_2	V_3	a
2011	0.26	0.24	0.50	0.39
2012	0.26	0.26	0.48	0.40
2013	0.27	0.30	0.42	0.43
2014	0.31	0.27	0.42	0.45
2015	0.34	0.27	0.39	0.48
2016	0.38	0.30	0.33	0.52

由表 4 可知, 2011 年江阴市水资源承载能力综合评分值低于 0.4, 处于超载状态; 2012—2016 年江

阴市水资源承载能力综合评分值在 0.4~0.7 之间, 处于临界超载状态。总的来看, 江阴市 2011—2016 年水资源承载能力综合评分值逐年增加, 水资源承载能力水平呈现由弱变强的趋势。

2.3 水资源承载状况成因分析

2.3.1 水量维度

江阴市本地水资源量有限, 但长江过境水资源量丰富, 工程供水能力较大, 可供开发利用的水资源量较大。2011—2016 年, 江阴市年用水总量指标对 V_1 等级的隶属度最大, 在 0.78~0.80 之间; 地下水年用水量指标对 V_1 等级的隶属度最大, 为 0.97。总的来看, 江阴市水量维度承载能力较强, 处于不超载状态。

2.3.2 水效维度

从万元工业增加值用水量指标来看, 江阴市 2011 年对 V_3 等级的隶属度最大, 2012—2015 年对 V_2 等级的隶属度最大, 2016 年对 V_1 等级的隶属度最大, 经历了超载—临界超载—不超载的转变。究其原因, 是江阴市大力推进节水型社会建设, 促进了工业用水效率的大幅提高。从居民人均生活用水量指标来看, 江阴市 2011—2016 年在 V_1 、 V_2 两个等级间摆动, 这是由于江阴市社会经济发达, 居民生活用水效率已维持在一个较高的水平。总的来看, 江阴市水效维度承载能力逐渐增强, 已渐变为不超载状态。

2.3.3 水质维度

2011—2016 年, 江阴市水功能区水质达标率指标对 V_3 等级的隶属度最大, 在 0.52~0.89 之间。这是由于江阴市属于典型的平原水网地区, 流速小, 水体自净能力低, 水环境容量不高, 且入河污染物负荷较大, 导致了境内水功能区达标率不高。江阴市共有 4 个集中式饮用水水源地, 分别为长江肖山水源地、长江小湾水源地、长江窑港口水源地和长江西石桥水源地, 2011—2016 年, 江阴市集中式饮用水水源地达标率指标对 V_3 等级的隶属度最大, 为 0.94。这是由于水源地水质达标率虽达到了 100%, 但 4 个水源地均尚未通过省级达标验收, 仍存在安全隐患。总的来看, 水质维度承载能力较弱, 处于超载状态。水功能区水质达标率、集中式饮用水水源地达标率是江阴市水资源承载能力的主要限制因子。

2.3.4 水生态维度

近年来, 江阴市积极建设生态用水保障工程, 开展河流健康评估, 2011—2016 年, 江阴市生态用水保证率指标从 V_2 等级逐渐提高为 V_1 等级, 已呈现从临界超载向不超载转变的态势。除经江苏省政府

批准保留的特殊行业用井外,江阴市已于2005年实现深层地下水禁采^[18],地下水水位已逐步回升。但由于历史长期超采深层地下水,且地下水治理具有恢复时间长、治理见效慢的特点,江阴市地下水降落漏斗的中心埋深仍大于禁采水位埋深。2011—2016年,江阴市地下水埋深指标对 V_3 等级的隶属度最大,在0.55~0.79之间,处于超载状态。总的来看,地下水埋深是江阴市水资源承载能力的主要限制因子。

3 江阴市水资源调控措施建议

根据江阴市2011—2016年水资源承载能力综合评价结果,结合其承载状况成因分析,建议江阴市今后以实施最严格水资源管理制度为着力点,全面推进节水型社会建设,重点加强“水源地、水功能区、地下水”三大薄弱环节,进一步减小水资源承载负荷。

a. 全面加强饮用水水源地达标建设。贯彻落实江苏省人大常委会《关于加强饮用水源地保护的決定》,按照“水量保证、水质达标、管理规范、运行可靠、监控到位、信息共享、应急保障”的要求^[19],加强长江沿线水源地风险隐患达标整治,推进绮山湖、利港地下水应急备用水源地建设与管理,建立健全水源地保护长效机制,确保江阴市饮用水水质优良、水量充足、水生态良好,形成“扎根长江、多源互补”的饮用水水源地布局体系。

b. 大力推进水功能区达标整治。依托长江和太湖流域综合治理,继续推进中小河流治理与城乡黑臭河道整治。加快推进污水处理厂优化整合和提标改造,优化镇域污水处理设施布局,着力提高农村分散式生活污水处理设施的运行管理水平,加大污水集中处理力度,减少污染物入河量。通过入河排污口规范化建设、面源污染控制治理、生态清淤、水系连通等措施,大力推进水功能区达标整治,实现河湖水域水环境逐步改善。

c. 严格地下水保护与管理。按照“优水优用”的原则科学合理配置地下水,深层地下水原则上只作为应急备用战略储备水源。严格落实江苏省、无锡市下达的深层地下水保留井的开采总量和水位双控指标,定期巡查已封深井,严防违法启用。在进一步强化深层地下水保留井管理的同时,加强对地热水、矿泉水、地源热泵及浅层地下水的管理,建立规范化的地下水取水工程“四个一”管理制度。加强地下水监测管理和取水计量,建立浅层、深层地下水分层监测体系,形成地下水水位、水质综合动态监测网络。

4 结论

a. 基于最严格水资源管理制度的水资源承载能力评价指标体系不仅可以反映社会经济-水资源-生态复合系统可持续发展的状况,还可以反映最严格水资源管理制度对水量、水效、水质、水生态的内在量化要求,揭示水资源管理中的限制因子和薄弱环节,实用性和可操作性较强。

b. 2011—2016年期间,江阴市水资源承载能力逐年增强,这是由于2012年起江阴市贯彻实行最严格水资源管理制度,水资源利用、水环境改善和水生态保护成效日益凸显。

c. 根据江阴市水资源承载状况及成因,建议江阴市进一步加强饮用水水源地达标建设,推进水功能区达标整治,严格地下水保护与管理,以实现水资源的永续利用。

参考文献:

- [1] 左其亭. 水资源承载力研究方法总结与再思考[J]. 水利水电科技进展, 2017, 37(3): 1-6.
- [2] 全海娟, 许佳君, 陈昌仁. 我国水资源承载能力评价研究进展初探[J]. 水利经济, 2006, 24(6): 56-58.
- [3] WALMSLEY J, CARDEN M, REVENGA C, et al. Indicators of sustainable development for catchment management in South Africa-Review of indicators from around the world [J]. Water S A, 2001, 27(4): 539-550.
- [4] 王丽, 毕佳成, 向龙, 等. 基于“五水共治”规划的水资源承载力评估[J]. 水资源保护, 2016, 32(2): 21-25.
- [5] 陈洋波, 陈俊合, 李长兴, 等. 基于DPSIR模型的深圳市水资源承载能力评价指标体系[J]. 水利学报, 2004(7): 98-103.
- [6] 袁艳梅, 沙晓军, 刘煜晴, 等. 改进的模糊综合评价法在水资源承载力评价中的应用[J]. 水资源保护, 2017, 33(1): 52-56.
- [7] 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.
- [8] FRIEDMAN J H, TUKEY J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis [J]. IEEE Trans on Computer, 1974, 23(9): 881-890.
- [9] 王好芳, 郭乐, 窦实. 基于主成分分析的东江流域水资源承载能力评价[J]. 水文, 2008, 28(4): 16-19.
- [10] 吴琼. 基于因子分析的青海省水资源承载力综合评价[J]. 水资源保护, 2013, 29(1): 22-26.
- [11] 李云玲, 郭旭宁, 郭东阳, 等. 水资源承载能力评价方法研究及应用[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 342-349.
- [12] 国务院. 关于实行最严格水资源管理制度的意见[J]. 中国水利, 2012(7): 1-3.

(下转第54页)

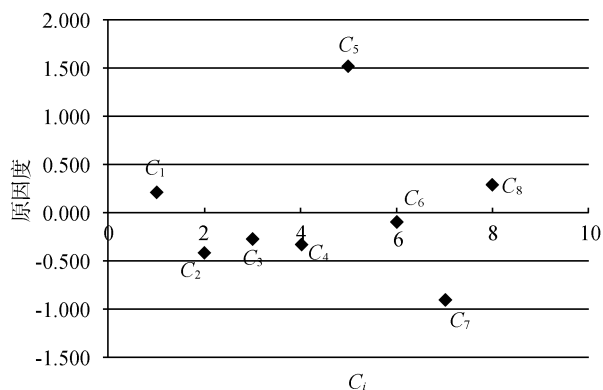


图4 原因度散点

2.3 模型结果分析

2.3.1 中心度分析

中心度表示该因子在系统中的重要程度。由表4可知,建设工程质量氛围影响因素的中心度排序依次为 C_6 (4.142)、 C_5 (2.918)、 C_1 (2.621)、 C_2 (2.485)、 C_4 (2.459)、 C_8 (1.998)、 C_7 (1.839)、 C_3 (1.574)。重要性排在前3位的因子分别是管理环境、制度环境、质量意识。可见个体和环境因素对建设工程质量氛围有着很大的影响。

2.3.2 原因度分析

原因度表示该因子与其他因子的因果逻辑关系程度。由图4可知,原因因素根据原因度从大到小排列分别为 C_5 (制度环境)、 C_8 (沟通方式)、 C_1 (质量意识),对应的原因度分别为 1.513、0.288、0.214,表明这3个因素对其他因素起主动影响作用。结果因素包括 C_6 (管理环境)、 C_4 (物质环境)、 C_2 (质量态度)、 C_3 (质量能力)、 C_7 (信息收集),表明这5个因素受到原因因素的作用。

3 结论

通过工程质量氛围与 Lewin 场论的相似性分析,探讨了质量氛围的内涵。工程质量氛围是一种相对稳定的质量状态,是参与人员对质量环境产生共同的知觉和体验,并随着环境的不同而发生变化,业主方是工程质量氛围建设的最主要推动者和受益者。结合 Lewin 场论,从个体、环境、信息沟通3个维度探究了水利工程质量氛围的影响因素。为分析

各影响因素之间的关系,构建 DEMATEL 分析模型,结果表明管理环境、制度环境和质量意识3个因素对工程建设的质量氛围影响较大;制度环境、沟通方式、质量意识3个因素对其他因素起主动影响作用。

环境维度中的管理环境、制度环境,个体维度中的质量意识对工程建设质量氛围的影响较大,业主方应该从形成良好的施工现场质量环境和提高承包商质量行为意识两个方面推动工程质量氛围的建设,如加大对工程质量的监督力度,提高自身对工程质量管理参与度,加强对承包商质量行为的奖惩力度。

参考文献:

- [1] 蔡贺龙,汪灏. 建筑工程质量管理中人为因素控制方法研究[J]. 企业技术开发,2012,31(16):100-101.
- [2] LEWIN K, WHITE L R K. Patterns of aggressive behavior in experimentally created social climate [J]. Journal of Social Psychology, 1935(10):271-299.
- [3] BHAGAT R S, ROBERTS K H, HULIN C L, et al. Developing an interdisciplinary science of organizations. [J]. Administrative Science Quarterly, 1979, 24(2):333.
- [4] 陈维政,李金平. 组织气候研究回顾及展望[J]. 外国经济与管理,2005(8):18-25.
- [5] 严榕. 创造培育有序的质量氛围[J]. 江苏纺织,1994(11):22-23.
- [6] LEWIN K. A dynamic theory of personality[M]. 北京:中国传媒大学出版社,2013.
- [7] 郑希付. 心理场理论[J]. 湖南师范大学社会科学学报,2000,29(1):75-79.
- [8] 杨高升,居婕,徐新. 建筑施工企业安全教育培训方案设计研究[J]. 中国安全生产科学技术,2013,9(3):176-183.
- [9] 李雪淋,王卓甫. 建设工程质量激励决策机制研究[J]. 水运工程,2009(5):1-4.
- [10] 李明奎. 以沟通协调为基础的现场质量管理[J]. 施工技术,2012,37(4):4-6.
- [11] 林光彩. 浅谈如何完善工程项目的质量管理体系[J]. 福建建材,2012(6):98-101.
- [12] 崔彩云,王建平. 浅谈信息不对称下工程项目沟通管理[J]. 施工技术,2006,35(12):129-130.

(收稿日期:2017-12-14 编辑:胡新宇)

(上接第49页)

- [13] 黄显峰,钟婧玮,方国华,等. 基于物元分析法的水资源管理现代化评价[J]. 水利水电科技进展,2017,37(3):22-28.
- [14] 于倩雯,吴凤平. 基于组合赋权的青海省水资源承载力模糊物元分析[J]. 水利经济,2017,35(2):26-30.
- [15] 徐绪堪,赵毅,成春阳. 西安市水资源可持续利用预警分级[J]. 水资源保护,2017,33(5):25-30.
- [16] 秦莉云,金忠青. 淮河流域水资源承载能力的评价分析

[J]. 水文,2001,21(3):14-17.

- [17] 孙远斌,高怡,石亚东,等. 太湖流域水资源承载能力模糊综合评价[J]. 水资源保护,2011,27(1):20-23.
- [18] 蒋咏,杨桂莲,常本春,等. 苏锡常地区地下水禁采效应分析与保护策略探讨[J]. 水文,2013,33(1):58-62.
- [19] 胡晓雨,杨树滩,陆隼. 常州市供排水水系规划布局方案初探[J]. 江苏水利,2017(11):44-46.

(收稿日期:2018-01-29 编辑:胡新宇)