

基于水资源综合承载力视阈下的河北省传统产业转型升级路径研究

贾冀南, 孙思思, 江先会

(河北工程大学 河北省水生态文明及社会治理研究中心, 河北 邯郸 056038)

[摘要]针对河北省水资源承载力日趋下降的现实问题, 文章构建了水资源合理配置评价指标体系, 运用直觉模糊层次分析法对河北省主要高耗水传统产业的水资源合理配置程度进行实证分析。并构建出“水资源合理配置程度—传统产业经济效益量”二维传统产业分类坐标, 通过分析河北省不同传统产业在水资源利用以及其对经济增长支撑作用差异性的基础上, 将不同传统产业归集定位到坐标不同象限之中, 进而为河北省传统产业转型升级提出路径选择。

[关键词]河北省; 水资源; 传统产业; 转型升级

doi: 10.3969/j.issn.1673-9477.2015.04.001

[中图分类号]F127

[文献标识码]A

[文章编号]1673-9477(2015)04-001-05

随着社会经济的快速发展, 水资源的短缺和水环境的污染已成为世界各国最为突出的社会问题之一。2014年, 我国水资源总量为27266.9亿 m^3 , 人均水资源拥有量只有2014 m^3 /人, 仅为世界平均水平四分之一左右^①。其中, 河北省缺水更严重。2014年全省总供水量192.82亿 m^3 , 总用水量192.82亿 m^3 。其中, 农业用水总量为139.17亿 m^3 , 占总用水量72.18%; 规模以上工业企业取水总量24.48亿 m^3 , 占总用水量的12.7%^②。可见, 河北省水资源的消耗主要集中在农业用水和工业用水方面。目前, 河北省成为全国的农业发展大省, 并形成了以钢铁产业、石油化工产业、装备制造业为三大核心支柱产业, 以纺织业和食品加工业为优势产业, 建材、冶工等共同发展的产业布局。在河北省的经济结构中, 农业、钢铁产业、石油化工业、纺织业和食品产业属于高耗水产业, 普遍存在着水资源消耗量大和水污染的问题。水资源已经并将继续成为制约河北省社会发展的重要因素, 要想在水资源的制约下, 实现河北省社会经济可持续发展, 就必须转变粗放型、资源依赖型的发展方式。

一、河北省传统产业水资源合理配置评价

(一) 直觉模糊层次分析法

直觉模糊层次分析法以层次分析法为主体, 但又融入了新的特点。详细步骤如下^[1]:

1. 构建层次结构模型

针对评价对象的影响因素及其内在逻辑关系,

构建出相应的层次结构模型。

2. 建立直觉模糊互补判断矩阵

通过对评价指标的相对重要性程度进行两两比较, 可以得到直觉模糊判断矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times n}$, 其中 $a_{ij} = (\mu_{ij}, \gamma_{ij})$, ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)。

若 A 同时满足 $\mu_{ij} = \gamma_{ji}$, $\mu_{ij} = \gamma_{ij}$, $\mu_{ii} = \gamma_{ii} = 0.5$, 则必有 $\mu_{ij} + \gamma_{ij} = 1$, 并称 A 为直觉模糊互补判断矩阵。

为了对评价指标的重要性程度进行量化描述, 特定义了相应的评价标度。即两因素相比: i 比 j 极端重要, 标度为(0.90, 0.10, 0.00); i 比 j 强烈重要, 标度为(0.80, 0.15, 0.05); i 比 j 明显重要, 标度为(0.70, 0.20, 0.10); i 比 j 稍微重要, 标度为(0.60, 0.25, 0.15); i 比 j 同等重要, 标度为(0.50, 0.30, 0.20); j 比 i 稍微重要, 标度为(0.40, 0.45, 0.15); j 比 i 明显重要, 标度为(0.30, 0.60, 0.10); j 比 i 强烈重要, 标度为(0.20, 0.75, 0.05); j 比 i 极端重要, 标度为(0.10, 0.90, 0.00)。

3. 确定判断矩阵的权重

评价人员对指标 i 和指标 j 的相对重要性程度进行判断, 可以得到相应的直觉模糊判断矩阵 A ,

$A = (a_{ij})_{n \times n}$, 其中 $a_{ij} = (\mu_{ij}, \gamma_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, n$,

μ_{ij} 和 γ_{ij} 分别表示评价人员对指标 i 相对于指标 j 重

要与不重要的属性判断。对矩阵 A 进行模糊转换,

[投稿日期]2015-10-15

[基金项目]2015年度河北省社科联河北省社会科学发展研究项目(编号:201501529);河北省教育厅人文社会科学研究重大课题攻关项目“河北省水资源问题社会治理研究”(编号:ZD201443)

[作者简介]贾冀南(1970-),男,河北保定人,教授,博士,研究方向:区域经济、人力资源管理。

可以得到简化的直觉模糊矩阵。具体公式计算为:

$$(\omega)^T = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad \dots \quad \omega_n] = \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad \frac{\sum_{j=1}^n a_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad \dots \quad \frac{\sum_{j=1}^n a_{nj}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \right] \quad (1)$$

$$= \left[\left(\frac{\sum_{j=1}^n \mu_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \mu_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n \gamma_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}} \right) \quad \left(\frac{\sum_{j=1}^n \mu_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \mu_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n \gamma_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}} \right) \quad \dots \quad \left(\frac{\sum_{j=1}^n \mu_{nj}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \mu_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n \gamma_{nj}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}} \right) \right]$$

则一级指标的得分权重为 $H(\omega_i) = \frac{1 - \gamma_i}{1 + \pi_i}$,

$(i=1, 2, \dots, n)$,

归一化后可得指标权重,

$$\sigma_i = \frac{H(\omega_i)}{\sum_{j=1}^n H(\omega_j)} \quad (i=1, 2, \dots, n)。$$

4. 一致性检验

主要是通过由隶属度构成的典型矩阵 A' 进行一致性检验来实现对直觉模糊判断矩阵 A 的一致性检验。即针对 A' 和跟矩阵 A 对应的特征矩阵 A^* 的相容性指标 $I(A', A^*)$ 进行分析, 当 $I(A', A^*)=1$ 时, 认为模糊判断矩阵 A 具有一致性, 进而说明直觉模糊判断矩阵 A 的权重分配是合理的, 其权重计算结果可以被接受。

在这里, 设模糊判断矩阵 A 的权重向量为 $\sigma = [\sigma_1 \quad \sigma_2 \quad \dots \quad \sigma_n]^T$, 且 $\sum_{i=1}^n \sigma_i = 1$, $\sigma_i > 0$, $(i=1, 2, \dots, n)$ 。令 $\sigma_{ij} = \frac{\sigma_i}{\sigma_i + \sigma_j}$, $(\forall i, j=1, 2, \dots, n)$,

则称 $A^* = (\sigma_{ij})_{n \times n}$ 为矩阵 A 的特征矩阵。

假设有模糊判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 和 $B = (b_{ij})_{n \times n}$,

它们的相容性指标为 $I(A, B)$, 具体计算公式为:

$$I(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij})}{n^2} \quad (2)$$

5. 结果评价

由 P 个评价人员对 m 个影响指标的综合表现进行评判, 因为是单方面贡献效应满意度评价 (具体指标对目标层), 不涉及指标间的相互比较, 故在结

果评价时将两两比较直觉模糊判断标度换成五级模糊隶属度, 分别用大写罗马数字 “I、II、III、IV、V” 来刻画, 且每一模糊区间赋以相应的得分区间 V_i , $(i=1, 2, \dots, 5)$ 。在评价时, 再依据每一区间认可的评价人数占总人数的比例换算成对应区间向量 R , 则最后目标得分为得分区间 V_i 、区间向量 R 和对应指标权重 σ 的加权值。

(二) 构建河北省传统产业水资源合理配置评价指标体系

通过对河北省传统产业水资源合理配置的调查和研究, 在遵循系统性、层次性和科学性等指标选取原则的基础上, 本文建立了水资源合理配置评价指标体系, 如表 1:

表 1 水资源合理配置评价指标体系

目标层	指标层
水资源合理配置 A	社会合理性 B ₁
	效率合理性 B ₂
	开发合理性 B ₃
	生态环境和理性 B ₄

(三) 指标权重确定

假设专家对一级指标相对于目标层的重要性进行两两比较, 得出农业水资源合理配置的直觉模糊判断矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} (0.50 \ 0.80) & (0.80 \ 0.15) & (0.70 \ 0.20) & (0.60 \ 0.25) \\ (0.20 \ 0.75) & (0.50 \ 0.30) & (0.40 \ 0.45) & (0.30 \ 0.60) \\ (0.30 \ 0.60) & (0.60 \ 0.25) & (0.50 \ 0.30) & (0.40 \ 0.45) \\ (0.40 \ 0.45) & (0.70 \ 0.20) & (0.60 \ 0.25) & (0.50 \ 0.30) \end{bmatrix}$$

经过公式 (1) 计算后, 可得到简化后的直觉模糊数:

$$(\omega)^T = ((0.325 \ 0.155) \ (0.175 \ 0.362) \ (0.225 \ 0.276) \ (0.275 \ 0.207));$$

由得分函数 $H(\omega_i) = \frac{1-\gamma_i}{1+\pi_i}$, ($i=1,2,\dots,n$) 算得一

级指标的得分向量, 经过归一化处理, 可得到农业水资源合理配置一级指标相对于目标层的权重向量: $\sigma_1 = (0.273 \quad 0.235 \quad 0.235 \quad 0.256)$ 。运用上述同样的方法可分别得到钢铁产业、石化产业、纺织产业和食品产业水资源合理配置一级指标相对于目标层的权重向量分别为:

$$\sigma_2 = (0.277 \quad 0.240 \quad 0.260 \quad 0.223);$$

$$\sigma_3 = (0.278 \quad 0.218 \quad 0.242 \quad 0.262);$$

$$\sigma_4 = (0.257 \quad 0.230 \quad 0.274 \quad 0.240);$$

$$\sigma_5 = (0.266 \quad 0.246 \quad 0.266 \quad 0.222);$$

通过相容性指标检验, 均满足一致性检验, 即说明各矩阵的权重计算结果可取。

(四) 水资源合理配置程度综合评价

河北省传统产业水资源合理配置评价采用五级模糊隶属区间作为评价指标的状态判断, 并用“ I 级、II 级、III 级、IV 级、V 级”来描述, 其中状态等级采用百分制值计算, 各等级分别对应于 $[0,40)$ 、

$$Y_1 = QR = (0.273 \quad 0.235 \quad 0.235 \quad 0.256) \begin{bmatrix} 0.0 & 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.0 \\ 0.0 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix} \\ = (0.203 \quad 0.427 \quad 0.174 \quad 0.149 \quad 0.000)$$

首先, 依据 $Y_i = Q_i R_i$ ($i=1,2,3,4$) 计算得到评判向量 Y_i , 则有:

然后, 由状态等级分值矩阵进行量化, 计算出河北省农业水资源合理配置程度, 即:

$$Z_{11} = XY = (0.203 \quad 0.427 \quad 0.174 \quad 0.149 \quad 0.000) \begin{bmatrix} 20 \\ 50 \\ 70 \\ 85 \\ 95 \end{bmatrix} = 50.20$$

运用上述同样的方法可以得到钢铁产业、石化产业、纺织产业和食品产业的农业水资源合理配置程度量化得分分别为 55.55、66.44、79.81 和 82.78。

$[40,60)$ 、 $[60,80)$ 、 $[80,90)$ 、 $[90,100]$ 。为了方便计算, 分别采用区间的中值 20、50、70、85、95 进行能力表现量化。通过 10 人专家组对河北省农业水资源合理配置程度的各项影响指标的具体表现进行打分, 在对评价数据进行归一化处理, 最终得到河北省农业水资源合理配置指标的评价向量表。如下表 2 所示:

表 2 农业水资源合理配置指标的评价向量

指标层	五级模糊评判矩阵				
	I	II	III	IV	V
社会合理性 B_1	0.0	0.6	0.2	0.2	0.0
效率合理性 B_2	0.1	0.5	0.2	0.2	0.0
开发合理性 B_3	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0
生态环境合理性 B_4	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0

在进行综合能力评价时, 吸收了模糊综合评价法中评判向量的计算公式 $Y_i = Q_i R_i$, ($i=1,2,\dots,n$) (其中权重 Q_i 已在前文中获得), 以此先计算出各项评价指标的权重与能力表现的乘积。

二、河北省传统产业经济效益分析

为了清晰准确地衡量出河北省各传统产业的经济效益, 本文采用人均产业生产总值来表示农业经济效益, 工业成本费用利润率来表示钢铁产业、石化产业、纺织产业和食品产业的经济效益。近年来, 河北省经济不断发展, 人均地区生产总值连续上涨。2010 年到 2014 年河北省人均地区生产总值分别为 28668 元、33969 元、36584 元、38716 元, 四年平均人均地区生产总值达到 34484.25 元。而河北省农业人均生产总值 2010 年到 2013 年分别为 17503.02 元、20183.87 元、22341.61 元、24923.06 元, 四年平均农业人均生产总值为 21238.14 元。可以看出, 虽然河北省农业人均生产总值四年间不断增长, 但是与人均地区生产总值相比还存在着较大的差距,

存在经济效益较差的问题。河北省钢铁产业、石化产业、纺织产业和食品产业的工业成本费用利润率如表3所示,除了石化产业成本费用利润率较高外,其他几个产业的成本费用利润率都处于较低水平。

表3 2010-2013年河北省工业成本费用利润率(%)

产业	2010	2011	2012	2013	三年平均
钢铁产业	14.30	14.87	13.73	12.64	13.89
石化产业	12.36	25.62	24.20	18.75	20.23
纺织产业	8.05	7.26	7.91	7.90	7.78
食品产业	8.21	8.35	8.97	8.91	8.61

资料来源:河北经济年鉴(2011年-2014年)的数据

三、传统产业二维分类研究

(一) 传统产业二维分类坐标建立

针对传统产业水资源合理配置和不同传统产业对经济增长支撑作用,构建出“水资源合理配置程度—传统产业经济效益量”二维传统产业分类坐标。横坐标代表水资源合理配置程度,纵坐标代表传统产业的经济效益,如图1。

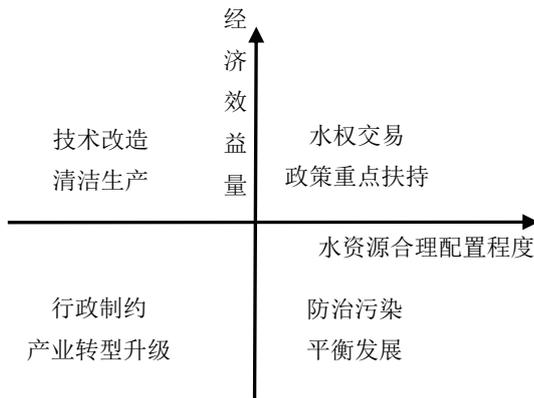


图1 “水资源合理配置程度—传统产业经济效益量”二维传统产业分类坐标

通过剖析与归集“水资源消耗与经济支撑作用”坐标体系中不同象限传统产业的特点,分别采取“优先考虑-保持平衡-适度建设-重点改造”的发展原则进行产业转型升级。即对于水资源合理配置程度较高且经济效益较好的传统产业,要实行水权交易和政策重点扶持的战略;对于水资源合理配置程度较高且经济效益偏差的传统产业,采取防治污染和平衡发展的策略;对于水资源合理配置程度较低且经济效益较好的传统产业,强力实施加强技术改造和清洁生产的政策;而对于水资源合理配置程度较低且经济效益偏差的传统产业,要采用严格的行政制约和强制产业转型升级的方法。

(二) 传统产业二维坐标分类

通过上文对河北省传统产业水资源合理配置的分析,结合河北省不同传统产业对经济增长支撑作用差异性的基础上,对河北省传统产业进行分类。

通过实证分析可以发现,农业、钢铁产业、石化产业、纺织产业和食品产业水资源合理配置评分分别为50.20, 55.55, 66.44, 79.81, 82.78。即农业与钢铁产业整体能力属于II级,说明其水资源合理配置程度较差;钢铁产业与纺织产业整体能力属于III级,说明其水资源合理配置程度一般,而且纺织产业优于钢铁产业;食品产业整体能力属于IV级,说明其水资源合理配置程度较好。就河北省目前的经济发展情况来看,除了石化产业经济效益量较高外,农业、钢铁产业、纺织产业和食品产业经济效益都不是很好。因此,在“水资源合理配置程度—传统产业经济效益量”二维传统产业分类中,石化产业分布在第二象限;农业和钢铁产业处于第三象限;纺织产业和食品产业则位于第四象限。

四、河北省产业转型升级路径研究

(一) 进行产业技术改造,推广清洁生产

1. 促进河北省石化产业技术改造

技术改造石化产业提高水资源合理配置程度的关键点,其对于石化产业转型升级至关重要。首先,在河北省省内淘汰石油产业中技术含量低、水资源消耗量大、水污染严重的小型化肥、化工、炼油生产装置,全面清理石油加工资产,关闭依然进行传统生产二无法适应低碳化发展战略的石化企业。其次,对传统石化企业进行技术改造升级,优化工艺,降低水资源蒸发损失、提高循环冷却水的浓缩倍数以及减少水资源渗漏等,进而提高石化产业水资源的利用效率。

2. 推广河北省石化产业清洁生产

清洁生产的根本目的是源头消减和预防污染。鼓励河北省石化企业引用先进的清洁生产和污染治理技术,循序渐进的淘汰在国家产业政策标准外的落后的工艺和设备,整体地提高石油石化产业的技术水平,减少工业废水排放或无废排放。同时,河北省还应该积极推进污水资源化回用,实现污水资源化^[1]。以循环经济理论为指导原则倡导企业在清洁生产技术改造中,提高循环水的处理水平以减少新鲜水的补充量,最大程度地通过变工业废水为资源降低污染排放量。

（二）实行政制约，引导产业转型

1. 大力发展河北省节水灌溉农业

河北省作为传统的农业大省，农业类型以灌溉农业为主，农业用水量巨大，而且用水效率较低。所以为了更好的实现农业节水，就需要不断提高农业的节水灌溉水平，引导传统灌溉农业向节水灌溉农业发展。河北省应该不断加大对节水系统的资金投入，引进先进的节水灌溉技术体系，并且可以在此基础上对灌溉区内的节水措施实施监督来保证节水灌溉的顺利实施。同时，通过开展多项关于水资源高效利用技术改造和创新等活动以增强省内的农业节水灌溉水平。

2. 控制河北省钢铁产业能源消耗程度

面对目前钢铁行经济效益低下的困境，仍有不少企业试图通过增加产量来获取规模效益，而忽视了钢铁产业必将发展低耗能、低排放的绿色化循环经济的趋势^[2]。为此，河北省应该制定并实施能源消耗市场准入标准，严格控制省内的钢铁产能。而且，在限制新增产能的基础上优化现有产能以最大限度的降低钢铁产业的能耗程度，将循环经济的理念应用于生产的全过程。加快技术改造措施，在钢铁生产的源头降低钢铁单位原材料和水资源消耗。在钢铁生产过程中淘汰能耗高的产品，提高能源的利用效率。

（三）防治水污染，保证平衡发展

1. 推动河北省纺织企业集中治污

河北省可采取纺织企业合并的发展模式，即将规模较小的企业合并成规模较大的企业，进而将生

产废水进行统一的收集和处理。中小微企业合并可降低其治理污染的成本费用，比如降低冷却水回用和中水回用的成本，从而提升中小微企业减少水污染总排量工作的积极性。而且合并可以减少污水处理的监管对象，明确监管对象可以使监管的难度和成本降低，持续推进污水减排工作。

2. 加大河北省食品产业防治水污染力度

河北省应该在食品产业推行一定的政策优惠或财政补贴，鼓励其淘汰能耗高的落后技术装备，进而推广技术含量高的节能节水技术。大力支持重点企业的节水节能工程建设，并推广其节水循环经济示范经验。同时，要建立健全食品企业节水防污的制度，明确落实食品企业节水减排防污的责任。加强对食品企业废水处理与排放的监察和处罚力度，最大程度上减少或避免食品产业的废水污染。

注释：

- ① 《2014 年中国水资源公报》
- ② 《2014 年河北省水资源公报》

参考文献：

- [1] 高红云, 王超, 哈明虎. 直觉模糊层次分析法[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2011(4): 101-105.
- [2] 杨攀峰, 徐俊. 石化企业节水减排工作的探索与实践[J]. 环境与生活, 2014(12): 62-63.
- [3] 王大勇, 贾芳, 苏辉, 李治才. 河北省钢铁产业发展现状及转型升级途径研究[J]. 冶金管理, 2014(08): 29-40.

[责任编辑 陶爱新]

Research on the transformation and upgrading of traditional industry in Hebei province based on the capacity of water resources

JIA Ji-nan, SUN Si-si, JIANG Xian-hui

(Research Center of Water Ecological Civilization and Social Governance of Hebei Province, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: For realistic problems of declining bearing capacity of water resources in Hebei Province, this paper builds a evaluation index system about the reasonable allocation of water resources and applies Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process (IFAHP) to empirical evaluate the index system in high water consumption traditional industries. Meanwhile, a two-dimensional traditional industry classification coordinates of "water resources allocation - traditional industrial economic benefits" is built, setting different traditional industries to different quadrant through the analysis of the utilization of water resources and economic growth of traditional industries in Hebei Province. And then put forward the path choice for the transformation and upgrading of traditional industries in Hebei province.

Key words: Hebei province; water resources; traditional industry; transformation and upgrading