

# Research on Economic Post-Evaluation of Gas Pipeline Projects Based on Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Comprehensive Evaluation

Ziqi Zhou<sup>1</sup> Ling Wang<sup>1</sup> Huan Wang<sup>1</sup> Lanxin Kang<sup>1</sup> Jingwen Ren<sup>2</sup>

1. Chongqing University of Science and Technology, Chongqing, 401331, China

2. Beijing Times Minxin Technology Co., Ltd., Beijing, 710119, China

## Abstract

This paper adopts the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE) to construct an economic post-evaluation model suitable for the scale of the Z gas pipeline project. From a theoretical perspective, it scientifically and rigorously discusses and analyzes the economic benefits of this project. The evaluation is conducted from four aspects: the implementation phase of the project, economic benefits, project outcomes and effects, and sustainability. Appropriate analytical indicators are selected, and consistency checks are performed to calculate the overall ranking and weight vector matrix of the D-level indicators. The FCE method is then used to calculate their membership degrees. Finally, a comprehensive index result  $B=6.6687$  is obtained, indicating that the post-evaluation results of the Z gas pipeline project are good. Through the establishment of the FAHP comprehensive evaluation model for post-evaluation research of the project, it is hoped to provide useful references for the continuous improvement of the Z gas pipeline project and the planning and implementation of other similar projects.

## Keywords

Analytic Hierarchy Process; Fuzzy Comprehensive Evaluation; gas pipeline project; economic benefits

# 基于层次分析法和模糊综合评价法下燃气管网项目经济后评价研究

周紫琪<sup>1</sup> 王玲<sup>1</sup> 王欢<sup>1</sup> 康蓝心<sup>1</sup> 任静雯<sup>2</sup>

1. 重庆科技大学, 中国·重庆 401331

2. 北京时代民芯科技有限公司, 中国·陕西 西安 710119

## 摘要

论文采用层次分析法(AHP)与模糊综合评价法(FCE),构建符合Z燃气管网工程规模的经济后评价模型,从理论上对该工程的经济效益进行了科学、严密的讨论与分析。从项目的实施阶段、经济效益、项目成效效果和可持续性四个角度出发,选择合适的分析指标,并对其进行一致性验证,计算出D层指标的总体排序和权重向量矩阵,并采用模糊综合评价法来计算其隶属度。最后,得到了一个综合指标的结果 $B=6.6687$ ,说明Z燃气管网项目的后评价结果较好。通过FAHP综合评价模型的建立对项目进行后评价研究,以期对Z燃气管网项目的持续改进和其他类似项目的规划与实施提供有益借鉴。

## 关键词

层次分析;模糊综合评价;燃气管网工程;经济效益

## 1 引言

2022年3月,十三届全国人大五次会议提出构建油气“全国一张网”。在此背景下,B工业园区为满足道路建设和区域发展需求,计划对现有工业管网进行延伸,新建D

【基金项目】重庆科技大学研究生创新计划项目(项目编号:YKJCX2320911)。

【作者简介】周紫琪(1999-),女,中国陕西西安人,在读硕士,初级会计师,从事财务管理与资本运营研究。

大道段和E路段燃气管线,以满足园区内企业的天然气需求。项目选址条件良好,无不良地质情况,且施工所需的水、电、通信设施均能保障。论文以Z燃气管网工程项目为例,从实施阶段、财务收益、项目成效及可持续性四方面出发,选用AHP与FCE相结合的方法,构建了适用于Z燃气管网工程的后评价模型,对工程优缺点进行了综合评价,旨在为天然气管网工程的经济后评价提供实际指导。

## 2 FAHP综合评价模型概述

### 2.1 综合评价模型

综合评价是结合人文、环境、经济等多因素的多指标

系统评价方法，旨在定量描述评估目标的水平和趋势，常用方法包括对比分析、加权求和、层次分析及模糊综合评价等。

### 2.2 FAHP 综合评价模型

在进行经济后评价时，通常采用 AHP（层次分析法）和 FCE（模糊综合评价法）相结合的方法。AHP 通过将大量指标按照关联性和递进关系进行重要性排序，而 FCE 则引入模糊数学概念，将边界模糊的指标量化<sup>[1]</sup>。鉴于经济效益评估涵盖经济和社会层面，涉及实施阶段、经济收益、项目成效和可持续性等多方面指标，采用 AHP 与 FCE 结合的模型，结合定性和定量指标，能够合理地进行综合后评价。

## 3 FAHP 综合评价模型构建和应用

### 3.1 FAHP 综合评价模型构建思路

在建立评价模型的过程中，经常包括下列内容：①建立层次结构模型，根据要素属性及其联系，将其分为目标层、准则层和方案层。②构建判断矩阵，通过比较两两指标的重要性比率形成矩阵。确定权重集，计算各元素在目标下的排序权重。③进行一致性检验，确保  $CR < 0.1$  以验证矩阵的一致性。④构建评语集  $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_5) = (10, 8, 6, 4, 1)$ ，分别对应（优秀，良好，中等，及格，不及格）。⑤确定隶属度，基于专家意见或历史数据形成模糊关系矩阵  $R$ 。⑥最后，利用 AHP 法求得的权重集  $W$  乘以模糊矩阵  $R$ ，获得模糊数学模型  $B$ ，再将  $B$  乘以评语集  $Q$ ，得出最终得分  $Z$ 。

### 3.2 层次结构体系建立

鉴于燃气管网工程的公共基础设施属性及其潜在风险，建设目标应聚焦高质量与安全。考虑到其与民众生活的紧密联系，在经济后评价中应优先考虑社会与环境效应，同时综合评估经济效益、成本投入与产出。构建了涵盖实施阶段、经济收益、项目成效及可持续性的“Z 燃气管网项目”后评价模型，包含子准则层下 9 个方面共 23 项指标。

### 3.3 FAHP 综合评价模型计算分析

#### 3.3.1 判断矩阵的构建与一致性检查

采用专家评分法，邀请跨学科、行业的专家对各项指标进行评分。为确保判断矩阵的代表性，构建了 1~9 标度分值的判定矩阵，其计算方式如下：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

其中， $A$  为判断矩阵； $w$  为相对重要性权重。

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{MAX} - n}{(n-1)RI}$$

其中， $CR$  为一致性比例； $\lambda_{max}$  为判断矩阵  $A$  的最大特征根； $n$  为特征根总数。 $RI$  值是通过大量抽样试验得出的平均随机一致性指标<sup>[2]</sup>。利用上述计算公式，可以得到各指标层次间的判断矩阵一致性比例均低于 0.1，表明一致性良好，适用于构建评价模型。

#### 3.3.2 指标排序

进行一致性检验后，求取 D 层的最终权重向量矩阵  $W$ ，并对 D 层指标进行了总体排名，用于后续综合评价，结果如表 1 所示。

表 1 Z 燃气管网工程项目经济后评价 D 层指标总排序

B 层	C 层	D 层	综合权重 W	总排序
B <sub>1</sub> 实施过程 0.187	C <sub>1</sub> 初期筹备 0.6555	D <sub>1</sub> 项目计划完整性 0.6667	0.0817	3
		D <sub>2</sub> 前期风险评估与管理 0.3333	0.0409	6
	C <sub>2</sub> 施工阶段 0.1578	D <sub>3</sub> 施工图设计 0.3471	0.0102	15
		D <sub>4</sub> 项目投资情况 0.0883	0.0026	22
		D <sub>5</sub> 工程建设进度 0.0849	0.0025	23
		D <sub>6</sub> 工程质量与安全控制情况 0.14628	0.0043	21
		D <sub>7</sub> 工程竣工验收情况 0.3334	0.0098	16
	C <sub>3</sub> 运行管理 0.1868	D <sub>8</sub> 设备完好率与泄漏率 0.8333	0.0291	8
		D <sub>9</sub> 供气压力稳定性 0.1667	0.0058	19
B <sub>2</sub> 经济收益 0.1033	C <sub>4</sub> 盈利能力 0.8	D <sub>10</sub> 财务内部收益率 0.7071	0.0584	5
		D <sub>11</sub> 财务净现值 0.2014	0.0166	10
		D <sub>12</sub> 静态投资回收期 0.0915	0.0076	17
	C <sub>5</sub> 偿债能力 0.2	D <sub>13</sub> 流动比率 0.6667	0.0138	13
D <sub>14</sub> 利息保障倍数 0.3333		0.0069	18	
B <sub>3</sub> 项目成效 0.0706	C <sub>6</sub> 环境影响 0.375	D <sub>15</sub> 路径方案选择 0.8	0.0212	9
		D <sub>16</sub> 项目污染控制 0.2	0.0053	20
	C <sub>7</sub> 社会影响 0.625	D <sub>17</sub> 项目组团优化能力 0.25	0.0110	14
D <sub>18</sub> 地区经济拉动能力 0.75		0.0331	7	
B <sub>4</sub> 可持续性 0.6391	C <sub>8</sub> 内部因素 0.8333	D <sub>19</sub> 建设管理 0.5	0.2663	1
		D <sub>20</sub> 技术因素 0.5	0.2663	1
	C <sub>9</sub> 外部因素 0.1667	D <sub>21</sub> 国家政策 0.7075	0.0754	4
		D <sub>22</sub> 经济发展 0.1364	0.0145	12
		D <sub>23</sub> 项目所在地用气 0.1561	0.0166	11

#### 3.3.3 各因素隶属度

本文采用专家评价法，构建评语集。四位项目主管、技术人员等专家对各指标层次的隶属度进行了评分，评分结果见表 2。

表2 专家对各指标层的隶属度打分表

评价项	权重值 W	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
D <sub>1</sub>	0.0817	0	3	1	0	0
D <sub>2</sub>	0.0409	1	1	1	1	0
D <sub>3</sub>	0.0102	0	3	0	1	0
D <sub>4</sub>	0.0026	1	1	1	1	0
D <sub>5</sub>	0.0025	0	2	2	0	0
D <sub>6</sub>	0.0043	1	2	0	1	0
D <sub>7</sub>	0.0098	0	2	1	1	0
D <sub>8</sub>	0.0291	1	1	1	1	0
D <sub>9</sub>	0.0058	1	2	1	0	0
D <sub>10</sub>	0.0584	1	2	1	0	0
D <sub>11</sub>	0.0166	1	0	2	1	0
D <sub>12</sub>	0.0076	0	2	1	1	0
D <sub>13</sub>	0.0138	1	2	1	0	0
D <sub>14</sub>	0.0069	0	1	2	1	0
D <sub>15</sub>	0.0212	0	3	1	0	0
D <sub>16</sub>	0.0053	1	3	0	0	0
D <sub>17</sub>	0.0110	0	2	1	1	0
D <sub>18</sub>	0.0331	0	1	1	2	0
D <sub>19</sub>	0.2663	0	2	1	1	0
D <sub>20</sub>	0.2663	0	1	2	1	0
D <sub>21</sub>	0.0754	0	3	0	1	0
D <sub>22</sub>	0.0145	0	3	0	1	0
D <sub>23</sub>	0.0166	0	3	1	0	0

根据表2的数据,利用专家评价法计算单因素隶属度,公式为  $r_{ij}=m_{ij}/n$ ,其中  $r_{ij}$  表示因素  $X_{ij}$  被评为  $Q_i$  的隶属度<sup>[3]</sup>,  $m_{ij}$  为有效评价因素  $X_{ij}$  被评为  $Q_i$  的问卷数,  $n$  为有效问卷数。基于此,可以建立模糊矩阵 R:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11}/n & m_{12}/n & \dots & m_{1n}/n \\ m_{21}/n & m_{22}/n & \dots & m_{2n}/n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{n1}/n & m_{n2}/n & \dots & m_{nn}/n \end{bmatrix}$$

### 3.3.4 综合指标的计算与评价结果分析

已知总权向量矩阵及隶属度矩阵,评价结果 B 按以下公式计算得出:

$$B = W * R = (w_1, w_2, \dots, w_m) * \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

$$= (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

$$= (0.0442, 0.4532, 0.2956, 0.2069, 0)$$

基于评语集,项目的最终得分 Z 可通过以下公式计算:

$$Z = B * Q = 0.0442 * 10 + 0.4532 * 8 + 0.2956 * 6 + 0.2069 * 4 + 0 * 1 = 6.6687$$

综上,Z燃气管网工程的经济后评价得分为6.6687,表明该工程经济效益良好。

## 4 结论

本文针对Z燃气管网工程,从实施阶段、经济收益、项目成效和可持续性四方面进行了后评价研究,得出以下结论:

①实施阶段后评价显示,项目初期筹备和施工阶段后评价表明前期准备充分、计划精准,但施工进度控制一般;竣工验收时各项指标达标,投产后运行平稳,符合工业标准,基本实现前期目标。

②财务收益方面,Z项目因科学合理的投资决策、高效的资金利用及专业的管理团队,实现了较高回报,同时通过成本控制提升了经营效率。

③项目实施中遵守了最新的国家和行业规范,采用了先进技术与设备,采取了环保措施,尽管建设期间对环境有一定影响,但项目完成后进行了植被恢复、土地整理等补救工作,未造成重大负面环境影响,并促进了当地经济发展和就业。

④工程竣工决算显示,实际支出比预算节省了17.67%,主要得益于建设成本、工程量及设备采购费用的优化调整。虽然项目未进行可行性研究,但这并不影响其整体成功。

总之,在对Z燃气管网工程的实施阶段、经济效益、项目效果、可持续性四个层面的定性和定量评估的结果显示,该项目的实施阶段状况很好,达到了初步的计划目的,获得了很好的经济效益,还对社会环境产生了积极的影响,对当地的经济的发展起到了一定的促进作用。对Z天然气管道工程的不断完善及同类工程的经济性后评价具有一定的参考价值。

## 参考文献

- [1] 刘晶.某500千伏输变电工程项目后评价研究[D].太原:太原理工大学,2020.
- [2] 彭鹏,胡昌格,柴敏.基于模糊综合评价法的除雪机设计评价应用[J].包装工程,2022,43(14):59-65.
- [3] 张德康,胡金秀.模糊评价法在能管体系绩效评价中的运用[J].应用能源技术,2019(8):16-18.