

层次分析法天然气站场选址的应用

刘中庆 张亚涛 金雁飞 王志勇（国家管网集团工程技术创新有限公司，天津 300450）

摘要：伴随着国家层面对 18 亿亩耕地红线的落实，国家城市化开发到了一定程度，天然气站场选址已经由原来的粗放式管理阶段，到现在的精细化选址阶段，限制因素越来越多，选址也越来越困难，效率越来越低。影响选址的因素众多，主观影响因素较大，导致大家对站址的结果的认可程度出现较大的不一致。模糊层次分析法，是一种较好的对于多方案的评价方法，通过对资深专家制定不同影响因素的准则，可以最大限度减少方案评价的多变性，提升选址的准确性和效率。

关键词：层次分析法；天然气；站场选址；客观；效率高

1 背景

当前国家的土地使用政策日益收紧，基本农田、生态保护等成为难以逾越的红线，与此同时随着经济的深度发展，场站的建设条件日趋复杂，民众对于危险设施的避让意识日益增强，项目建设周期的压缩又对前期选址提出了较高的要求，因此选址工作日趋重要、复杂、困难。

现阶段选址规划项目更多停留在人工层面，导致基础数据收集效率低、选址指标测算模糊困难，选址结果受主观意识影响严重，而且多数项目选址时间紧，难以对所有用地进行全面统筹，无法保证选址的准确性与科学性。如何充分的利用时空大数据信息，通过融合、挖掘数据，形成一套项目选址的决策底图，搭建灵活、科学、高效的智慧选址系统，还需进一步的研究。

选址评价模型具有较大实际作用，一旦应用会产生如下效果：①推动数字化转型：评价体系和方法的制定与 AI 数字化技术紧密结合，可以推动油气站址选择工作向数字化转型，改变以往的工作方法；②提高工作效率：通过智能比选、智能评价，大量减少过

程中的反复工作，人员内业、外业省时省力，结果准确可靠；③提升决策水平：评价体系和方法可以为站址选择提供科学、合理的决策依据，降低随意性和主观性，提高决策水平。

2 限制因素

摘录自《石油天然气工程设计防火规范》GB50183-2004、《石油天然气工程总图设计规范》SY/T0048 以及实践经验，总结选址原则，并对其进行识别分类：

通过对这些因素的分解，发现有些因素是必须要满足的，有些则是弹性空间较大的指标，对于必须满足的指标，我们采用“一票否决制”，在评价模型中体现的实际意义不大，因此本次活动主要针对空间较大的指标进行建模分析，如表 1、表 2 所示。

3 模型描述

3.1 模糊互补判断矩阵

层次分析中，作因素间的两两比较判断时，采用一个因素比另一个因素的重要程度定量表示，则得到的模糊判断矩阵 $A=(a_{ij})n \times n$ ，如果其具有如下性质：

$$a_{ij}=0.5, i=1,2,...,n$$

表 1 否定因素表

序号	否决项	说明	备注
1	占用基本农田、生态红线区域	国家政策	
2	一级水源保护区、国家级自然保护区核心区	国家政策	
3	重要军事设施的防护区	国家政策	
4	历史文物、名胜古迹保护区	国家政策	
5	矿藏区、采矿陷落区	国家政策	
6	有洪水威胁	不满足 50 年一遇洪水水位标高 站址位于半山腰，有山洪威胁	
7	可用范围不足	用地形状无法布置下	
8	场地高差过大	场地内高差 10m 以上 场地平均坡度大于 5%	
9	无道路依托	站外道路	
10	防火间距不足	详见附表	
11	存在泥石流、滑坡、流沙、溶洞等地质灾害	安全隐患较大	
12	IV 级自重湿陷性黄土、新近堆积黄土、级膨胀土地区	安全隐患较大	

表 2 弹性因素表

弹性因素	释义	目的	赋值
路由符合性	站场宜尽量在线路主路由附近进行选址	主要分析选址方案对路由的偏离性	
区域位置	距离规划区、用气点距离适中，非太近、非太远	分析整体位置布局的合理性	
用地性质	符合国家土地利用政策	尽量利用荒地、废地，少占或不占耕地	
道路依托	有良好的道路依托；站外道路能开口；	分析站外道路依托	
外部防火间距	与站外设施距离越远越好；	在满足外部防火间距的情况下，分析优劣	
地形高差	地形越平坦越好	分析土石方量大小	
周边环境	远离散发气味场所越远越好； 远离噪声敏感点点越远越好；	从日常运营角度，分析评价周围场所对站场的影响	
防洪		满足防洪标准的基础上，场地标高越低越好	
风向	站址宜位于人员聚集区最小风频的上风侧		

$a_{ij}+a_{ji}=1,i,j=1,2,...,n$

则这样的判断矩阵称为模糊互补判断矩阵。为了使任意两个方案关于某准则的相对重要程度得到定量描述，通常采用如下表的 0.1 ~ 0.9 标度法给予数量标度。

依据上面的数字标度，因素 $a_1,a_2,a_3,...,a_n$ 相互进行比较，则得到如下模糊互补判断矩阵：

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

3.2 模糊互补判断矩阵的权重

利用徐泽水教授推导的求解模糊互补判断矩阵权重计算公式，该公式充分考虑了模糊一致性判断矩阵的优良特性及其判断信息，计算量小，为实际应用带来了极大方便。该求解模糊互补判断矩阵权重的公式如下：

$$W_i=\frac{\sum_{j=1}^na_{ij}+\frac{n}{2}+1}{n(n-1)}$$

3.3 模糊互补判断矩阵的一致性检验

权重值是否合理，还应进行一致性检验。检验方法如下：

3.3.1 相容性指标 I

定义 1：设矩阵 $A=(a_{ij})n \times n$ 和 $B=(b_{ij})n \times n$ 均为模糊判断矩阵，称

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

为 A 和 B 的相容性指标。

3.3.2 特征矩阵 (W_{*})

定义 2：设 $W=(W_1,W_2,...,W_n)$ 是模糊判断矩阵 A 的

权重向量，其中

$$\sum_{i=1}^nW_i=1,W_i\geq 0(i=1,2,...,n)$$

令 $W_{ij}=W_i/(W_i+W_j)$ ， $(P_i,j=1,2,...,n)$ ，则称 n 阶矩阵：

$$W_*= (W_{ij})n \times n$$

3.3.3 判断准则

一般当 $I(A,W) \leq A$ 时，认为判断矩阵为满意一致性的。A 越小表明决策者对模糊判断矩阵的一致性要求越高，一般取 $A=0.1$ 。

3.3.4 情形复用

对于具体情况，按照目标层、准则层分别进行一致性检验，如均满足，则认为当级的取值是合理。

4 模型搭建

根据因素之间的重要程度，对相对重要性进行定义，如表 3：

表 3 两两对比评分标准

标度	定义	说明
0.5 同等重要	两元素相比较	同等重要
0.6 稍微重要	两元素相比较	稍微重要
0.7 明显重要	两元素相比较	明显重要
0.8 重要得多	两元素相比较	重要得多
0.9 极端重要	两元素相比较	极端重要
0.1,0.2,0.3,0.4	反比较	/

按照站场选址的影响因素，构建逻辑实施流程，如图 1：

5 试算应用

选取某长输管道项目的山区站场选址进行初步模拟分析。本站在选址的过程中，经过与当地政府对接，在保证不占用基本农田的情况下，给出了 3 个建议位置，方案一在河流南侧河滩地上，方案二、三在开发区东侧山坡上，具体位置如图 2 所示。

根据初步判断分析，剔除几乎无影响的因素，将一级因素定位在区域位置、交通依托、防火间距、地形高差四个因素。选取总图组内有经验的专业设计人

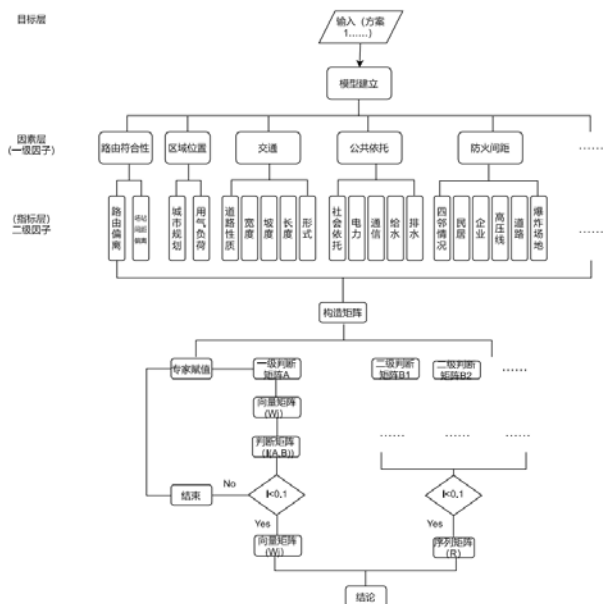


图1 逻辑流程图



图2 卓平分输站区域位置图

员，针对不同的因素进行权重赋值。如下图：

$$A = \begin{bmatrix} 0.50000 & 0.40000 & 0.70000 & 0.80000 \\ 0.60000 & 0.50000 & 0.60000 & 0.90000 \\ 0.30000 & 0.40000 & 0.50000 & 0.80000 \\ 0.20000 & 0.10000 & 0.20000 & 0.50000 \end{bmatrix}$$

$$W = (0.27000, 0.28000, 0.25000, 0.20000)$$

分别针对方案一、二、三构造相关因子的矩阵，如下图：

区域位置矩阵：

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.50000 & 0.40000 & 0.45000 \\ 0.60000 & 0.50000 & 0.60000 \\ 0.55000 & 0.40000 & 0.50000 \end{bmatrix}$$

交通依托矩阵：

$$B_2 = \begin{bmatrix} 0.50000 & 0.80000 & 0.95000 \\ 0.20000 & 0.50000 & 0.70000 \\ 0.05000 & 0.30000 & 0.50000 \end{bmatrix}$$

防火间距矩阵：

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.50000 & 0.60000 & 0.40000 \\ 0.40000 & 0.50000 & 0.30000 \\ 0.60000 & 0.70000 & 0.50000 \end{bmatrix}$$

地形高差矩阵：

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.50000 & 0.60000 & 0.95000 \\ 0.10000 & 0.50000 & 0.60000 \\ 0.05000 & 0.40000 & 0.50000 \end{bmatrix}$$

最终计算得出：

$$A = (0.361625, 0.32425, 0.314125)$$

方案一的得分最高，明显优于方案，方案二优于方案三，但是得分差别较小。因此评价结果与实际吻合。

6 总结及展望

通过本文的实践，可以得出结论，模糊层次分析法在站场选址中是可用的，且应用效果与基本实际人工判断效果基本一致。但是存在以下问题，需要在工程实践中进行优化：

①关于否定项的选择，暂时安排到下一阶段的工作任务中来做，目前判断只能通过人工手动判别来实现。

②赋值依赖专业人士进行分析赋值，容易受到人为因素的影响。当大家对于规范的理解不一致时，对于因素的赋值可能会存在较大差异。因此下一步计划邀请行业内知名专家，独立进行各个因素的赋值打分，确保各个因子赋值相对客观、准确。

同时，单个评价模型在实际应用比较依赖于人工输入条件，应用较为繁琐，下一阶段，将结合 AI 自动识别，对本模型的实际应用性进行提升、优化。

参考文献：

- [1] 袁铨铸. 基于模糊层次分析法 (FAHP) 的 A 公司野外工程劳务施工队选择研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2023.
- [2] 吕庆平. 基于层次分析法和灰色关联分析法的电子废弃物回收中心选址 [J]. 物流技术, 2016, 35(10): 98-101, 184.
- [3] 徐泽水, 陈剑. 一种基于区间直觉判断矩阵的群决策方法 [J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(4): 126-133.