

# Map Gis 与 AHP 法在新疆某油气管线工程地质选线中的应用研究

安海堂<sup>1</sup>, 刘平<sup>1</sup>, 滕伟福<sup>2</sup>

(1. 新疆地质工程勘察院, 乌鲁木齐 830091; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 武汉 430074)

**摘要:** 在分析研究区所涉及的工程地质条件、水文地质条件和环境岩土条件的基础上, 确定崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的主要影响因素, 运用 AHP 法建立工程地质评价指标体系, 采用的工程地质综合指数法建立工程地质选线分析系统模型, 结合 Map Gis 软件的空间分析功能, 对各主要影响因素进行综合叠加分析, 通过属性管理系统将数据导出进行处理, 得出计算数据。经过计算得出路线工程地质综合指数, 通过指数的比较确定优选路线。

**关键词:** 工程地质选线; Map Gis; AHP; 工程地质综合指数法

**中图分类号:** P642 **文献标识码:** A

选线工程是一个系统工程, 是关系到工程项目本身的工程投资、安全运营、后期维护等各方面的前提。新疆是我国著名的石油矿藏产地, 也是西气东输的源头, 随着我国国家综合国力的增强, 我国政府对减灾活动非常重视, 为了合理布置输油管线, 使其少遭受甚至不遭受地质灾害的破坏, 设立了专门的资金渠道开展灾害勘查与地质选线工作。

工程地质选线是一项复杂的系统分析过程, 是定性分析与定量分析的相结合。因此, 需要建立相应的工程地质选线评价指标体系, 确定选线评价指标, 通过对各指标之间的对比分析建立数学模型, 通过计算对工程地质路线通过方案进行评价(图 1)。

## 1 工程概况

拟选场址位于新疆南疆盆地北缘, 地貌类型分为剥蚀构造低山、剥蚀堆积丘陵、冲洪积平原 3 种, 地势北高南低, 研究区出露地层主要有第三系、第四系。第三系广泛分布于依奇克里克南部东却勒塔格背斜及亚肯背斜的丘陵地带。第四系分布于山前到塔里木河泛滥平原一带, 由山前至塔里木河分带较明显, 颗粒由粗到细, 结构由单到复杂, 由单层、双层到多层逐渐变化。区内地质构造相对简单, 新构造运动较活跃。地震基本烈度为 度, 区域地壳稳

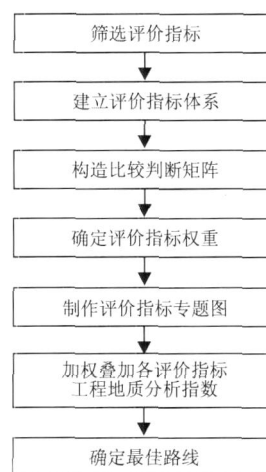


图 1 基于 Map Gis 的工程地质评价指标体系

Fig. 1 The engineering geological evaluation index system based on Map Gis

定性具有较稳定区的特征。区内地质灾害类型主要为崩塌, 少部分地段发育坡面泥石流, 根据勘察初步选定比选路线 A、B 两条。

## 2 评价指标的确定

为使评价指标体系能够综合反映选线工程地质条件评价的多个方面, 在选取评价指标的过程中, 按照“全面考虑, 突出重点”的原则, 在专家评判的基础

上,注重可比选的关键问题和控制路线方案的重要指标,建立工程地质选线评价指标体系,进行工程地质选线优化,以获得最佳的工程线路走廊。

其中评价因子的选取主要考虑易于引起线路周围地质灾害的各种工程地质因素,本文选择坡度、地层岩性、地貌分区、地质构造、岩体结构面、水系发育程度等原生地质环境以及对地质灾害具有诱发作用的降雨和人工开挖坡脚作为工程地质选线的评价指标。

3 工程地质选线评价指标权重

3.1 建立阶梯层次结构

建立分析对象的递阶层次模型是 AHP 法最关键的一步,层次结构图处于最上面的一层称为目标层,这个最高层次通常只有一个要素,是分析问题的目标;中间层次称为指标层,指标层的下一层次是子指标层;最低一层的层次称为方案层,这层是解决问题的预选方案。如图 2 所示。

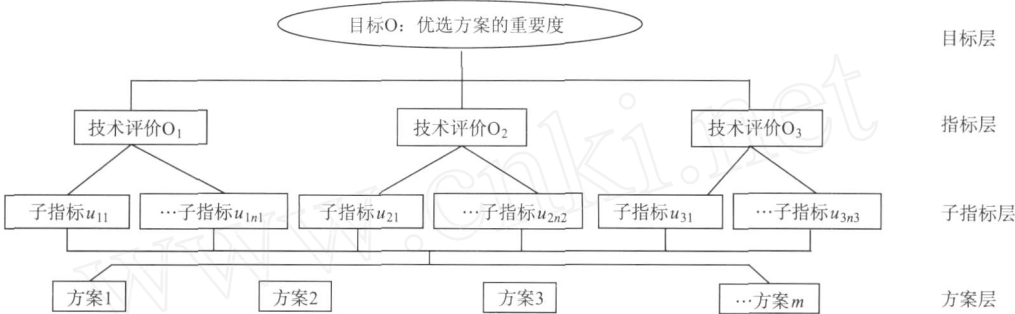


图 2 层次结构图

Fig.2 Level structure diagram

3.2 评价指标权重计算

根据确定的评价指标建立选线评价指标体系(图 3),运用层次分析法对其进行权重计算(表 1,表 2)。

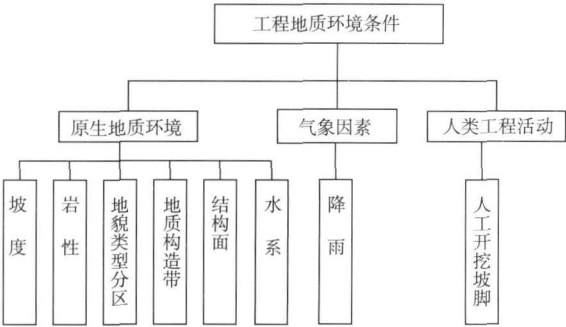


图 3 线路工程地质选线评价指标图

Fig.3 Engineering geological evaluation index of the line selection circuit

表 1 一类指标权重

Table 1 The first category index weight

|        | 地质环境 | 气象  | 人类工程活动 | 权重   |
|--------|------|-----|--------|------|
| 地质环境   | 1    | 2   | 4      | 0.58 |
| 气象     | 1/2  | 1   | 2      | 0.28 |
| 人类工程活动 | 1/4  | 1/2 | 1      | 0.14 |

经计算,矩阵最大特征根 $\lambda_{\max}=3$ ,计算一致性指标 $CI=0$ ,随机一致性比率 $CR=0<0.1$ ,该层次排序满足一致性检验。

表 2 原生地质环境指标权重

Table 2 The index weight of the original geological environment indicators

|        | 坡度  | 岩性  | 地貌类型分区 | 构造带 | 结构面 | 水系 | 权重   |
|--------|-----|-----|--------|-----|-----|----|------|
| 坡度     | 1   | 2   | 3      | 1/2 | 1/2 | 2  | 0.19 |
| 岩性     | 1/2 | 1   | 1/2    | 1/3 | 1/2 | 2  | 0.10 |
| 地貌类型分区 | 1/3 | 2   | 1      | 1   | 2   | 3  | 0.16 |
| 构造带    | 3   | 2   | 1      | 1   | 2   | 3  | 0.29 |
| 结构面    | 2   | 2   | 1/2    | 1/2 | 1   | 2  | 0.18 |
| 水系     | 1/2 | 1/2 | 1/3    | 1/3 | 1/2 | 1  | 0.08 |

经计算,矩阵最大特征根 $\lambda_{\max}=6.537$ ,计算一致性指标 $CI=0.1074$ ,随机一致性比率 $CR=0.086613<0.1$ ,该层次排序满足一致性检验。

该评价体系结构子指标层分值由 AHP 法给出,即计算子指标权重;子指标体系分级按对管线建设的有利条件进行分级并赋分,完全适宜赋分为 1,完全不适宜通过则赋分为 0,其分值区间为[0,1],具体打分见表 3 工程地质选线评价指标体系结构。

工程地质选线评价综合指数计算方法为:

$$P = \sum X_i \cdot F_i \cdot k$$

式中, $P$ 为工程地质选线评价综合指数; $X_i$ 为*i*评价因子的权重; $F_i$ 为*i*评价因子在某分级标准下的分值; $k$ 为管线通过某分级类型长度与总长度之百分比。

表 3 工程地质选线评价指标体系结构

Table 3 Engineering geology evaluation index line selection architecture

|                | 权重   | 内容                      | 分值   | 内容     | 分值  | 内容              | 分级                             |
|----------------|------|-------------------------|------|--------|-----|-----------------|--------------------------------|
| 油气管线地质选线评价综合指数 | 0.58 | 容易产生崩塌、滑坡、泥石流等灾害的原生地质环境 | 0.19 | 坡度     | 1   | 管线经过的各种坡度加权长度   | < 5                            |
|                |      |                         |      |        | 0.8 |                 | 5 ~ 15                         |
|                |      |                         |      |        | 0.6 |                 | 15 ~ 25                        |
|                |      |                         |      |        | 0.5 |                 | 25 ~ 35                        |
|                |      |                         |      |        | 0.4 |                 | 35 ~ 45                        |
|                |      |                         |      |        | 0.2 |                 | > 45                           |
|                |      |                         | 0.1  | 岩性     | 0.3 | 管线经过的各种地层加权长度   | Q <sub>1</sub> -N              |
|                |      |                         |      |        | 0.7 |                 | Q <sub>2</sub> -Q <sub>4</sub> |
|                |      |                         | 0.16 | 地貌类型分区 | 0.8 | 管线经过的各种岩组加权长度   | 剥蚀构造低山                         |
|                |      |                         |      |        | 0.2 |                 | 剥蚀构造丘陵                         |
|                | 0.28 | 气象因素                    | 1    | 降雨     | 0.6 | 管线通过降雨影响范围的加权长度 | 冲洪积平原                          |
|                |      |                         |      |        | 1   |                 | 断层破碎带                          |
|                |      |                         |      |        | 1   |                 | 非断层破碎带                         |
|                |      |                         |      |        | 0.1 |                 | 节理发育                           |
|                |      |                         |      |        | 0.6 |                 | 节理一般发育                         |
|                |      |                         |      |        | 1   |                 | 节理不发育                          |
|                | 1.14 | 人类工程活动                  | 1    | 人工开挖坡脚 | 0.2 | 管线通过水系范围的加权长度   | 水系影响 100 m 范围                  |
|                |      |                         |      |        | 1   |                 | 距水系 > 100 m 范围                 |
|                | 0.28 | 气象因素                    | 1    | 降雨     | 0.6 | 管线通过降雨影响范围的加权长度 | 降雨影响大                          |
|                |      |                         |      |        | 1   |                 | 降雨不影响                          |
|                | 1.14 | 人类工程活动                  | 1    | 人工开挖坡脚 | 0.5 | 管线通过人工开挖段的加权长度  | 开挖段                            |
|                |      |                         |      |        | 1   |                 | 非开挖段                           |

4 空间分析与图件的实现

在给定区域，收集相关资料制作各工程地质因子图层,在 Map Gis 内建立个评价因素的空间数据图层,并对各图层进行属性赋值,利用基于 Map Gis 的图形叠置法进行叠加分析计算工程地质综合指数值。将计算得到的供策划地质综合指数作为依据,对选定的通道进行比较,得出优选路线。

5 线路工程地质选线分析

按照前述评价指标体系，结合 Map Gis 技术，对新疆某油气管线的线路选择进行工程地质综合指数评价。首先，根据该地区的工程地质资料，制作参与工程地质综合指数评价的各因子图层：坡度图、地层岩性分布图、地貌分区图、地质构造带图、结构面图、水系图、降雨分布图、人类工程开挖影响图等。运用 Map Gis 的空间分析功能,对水系等线状因素进行缓冲分析,对区文件进行属性空间迭加分析,运用属性导出功能,将个因素数据运用公式  $P = \sum X_i \cdot F_i \cdot k$  进行计算,得出两条比选路线的工程地质综合指数,见表 4。

6 结论

(1) 工程地质综合指数法评价结果为 A 路线指

数为 0.691 9,B 路线的指数为 0.721 2,B 路线的通过要优于 A 路线。

表 4 A、B 路线工程地质综合指数表

Table 4 A ,B route engineering geology Composite Index

| 评价指标   |        | 工程地质综合指数 |         |
|--------|--------|----------|---------|
|        |        | A 路线     | B 路线    |
| 原生地质环境 | 坡度     | 0.101 9  | 0.104 9 |
|        | 岩性     | 0.031 1  | 0.035 7 |
|        | 地貌分区   | 0.039 4  | 0.053 0 |
|        | 地质构造带  | 0.168 2  | 0.168 2 |
|        | 节理裂隙   | 0.069 4  | 0.077 9 |
|        | 水系     | 0.043 7  | 0.043 4 |
| 气象因素   | 降雨     | 0.168 0  | 0.168 0 |
| 人类工程活动 | 人工开挖坡脚 | 0.070 0  | 0.070 0 |
| 总 计    |        | 0.691 9  | 0.721 2 |

(2) 工程地质综合指数法的评价指标的选取本文主要依据以往前人总结的经验与专家咨询的方法,结合现场调查来确定,其中评价指标权重采用层次分析法与专家打分法综合确定,进一步体现定性与定量相结合的特点,保证数据的客观性。

(3) 建立工程地质选线综合指标模型,运用 Map Gis 系统对选择的指标进行数据管理与空间分析,实现了选线的半自动化标准,减少人为因素的干扰。

(4) MAPGIS 与 AHP 法的综合运用,使得定

量计算与定性分析很好的结合到了一起,使得选线结果可信度大大提高。

#### 参考文献

- [1] 陈继光. 公路路线多方案评价中的模糊一致矩阵方法[J]. 公路交通科技, 2002, 19(5): 42-44.
- [2] 高劲松, 关泽群. 基于遥感和 GIS 的选址策略研究与实现[J].

- 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(9): 778-781.
- [3] 肖强, 孙凡. 渝西地区生态环境质量 AHP 综合评价研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(5): 733-736.
- [4] 江玉林, 张前进, 陈学平, 等. 高速公路选线环境影响评价方法研究[J]. 公路, 2005, (7): 71-74.
- [5] 胡圣武, 王新洲, 潘正风, 等. GIS 中的模糊不确定性以及处理方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(5): 417-420.

## APPLICATION OF MAPGIS AND AHP TO ENGINEERING GEOLOGICAL LINE SELECTION IN XINJIANG OIL AND GAS PIPELINE

AN Hai-tang<sup>1</sup>, LIU Ping<sup>1</sup>, TENG Wei-fu<sup>2</sup>

(1. Institute of Geological Engineering Exploration of Xinjiang, Xinjiang, Urumqi 830091, China;

2. Department of Engineering, China University of Geosciences, Hubei, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Based on the analysis of engineering geological conditions, hydrogeological conditions and environmental geotechnical conditions in the study area, the main influencing Factors of collapse, landslides, mud-rock flow and other geological disasters were determined. The evaluation index system of engineering geology was established by the use of AHP method and engineering geological model line selection analysis system was established by the use of engineering geology composite index. Combined with spatial analysis software features of Mapgis, the major influencing factors would be Superposition analyzed and the data would be treated by the property management system. After calculated the route engineering geology composite index, the right way would be chose.

**Key words:** engineering geology line selection; Map Gis; AHP; engineering geology composite index method

**作者简介:** 安海堂(1981- ),男,河北唐山人,工程师,2007年毕业于中国地质大学(武汉)工程学院地质工程专业,获硕士学位,从事工程岩土体稳定性评价及地质灾害预测与防治工作。