

输电工程项目规划综合评价策略的研究

金 鹏

(国家电网公司四川省电力公司内江供电公司, 四川 内江 641100)

摘要 项目方案的合理性关系着整个项目的经济效益和最终的运行效果, 如何提高项目的综合性能, 提高项目的规划水平是电力建设企业的重点。本文采用层次分析法和熵权法对影响项目规划效果的多种因素进行分析评价, 并利用模糊综合评价对项目效果进行了评分。针对实际项目的不同方案进行了分析评价, 最终确定了最为科学的建设方案, 对输电工程项目的规划具有一定的借鉴意义。

关键词: 输电工程; 项目规划; 综合评价

Research on Comprehensive Evaluation Strategy of Power Transmission Project Planning

Jin Peng

(Neijiang Power Supply Company, Neijiang, Sichuan 641100)

Abstract The rationality of the project is closely related to the economic benefits and the final operation results of the whole project. How to improve the comprehensive performance of the project and improve the planning level of the project is the key point of the power construction enterprise. In this paper, analytic hierarchy process (AHP) and entropy weight method are used to analyze and evaluate the factors that affect the effect of project planning, and the fuzzy comprehensive evaluation is used to evaluate the effect of the project. In view of the actual project of different programs were analyzed and evaluated, and finally identified the most scientific construction program, the transmission project planning has certain reference significance.

Keywords: power transmission project; project planning; comprehensive evaluation

电网工程建设项目关系着国计民生, 作为电能传输通道的输电线路项目建设方案的优劣, 直接影响了项目的经济性和可靠性。因此, 加强输电工程项目规划的研究, 建立科学合理的评价策略是十分必要的。本文结合实际经验, 对项目方案分析的熵权法和层次分析法进行了论述, 并对实际项目案例进行了分析, 通过量化各种指标和权重, 对项目方案的综合性能进行了评价。

1 综合评价模型理论

影响项目运行效果的因素包括主观和客观两方面, 主要通过熵权法对客观因素进行量化分析, 利用层次分析法对主观因素进行分析^[1]。

1.1 熵权法的基本原理

系统的运行情况是多样的, 假设 p_i 为系统状态

发生的概率, 那么系统的熵如下式所示:

$$h = -\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \quad (1)$$

可见, 当所有事件出现的概率相等时, 系统的熵最大。假设综合评价的个体数量为 m , 指标数量为 n , 则指标 x_j 的信息熵如下式所示:

$$h_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2)$$

式中

$$p_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (3)$$

可见, 指标的有效价值随着信息熵的增大而减少, 其在综合评价过程中的权重也随之减小; 因此对于系统方案的综合评价, 可以通过熵值法计算指

标的权重^[2]。

1.2 层次分析法的基本原理

层次分析法的系统层次结构主要包括目标、准则以及指标 3 层，如图 1 所示。目标层诠释了系统的最终目的，准则层包含了影响系统决策的主要因素，指标层包含了具体的评判指标^[3]。

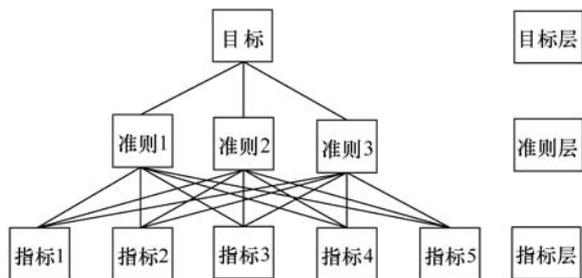


图 1 层次分析法层次结构示意图

层次分析结构建立使得系统各指标的从属关系得到明确，对于各层次指标权重的确立可以先对比各元素的重要性，然后根据表 1 对各指标的重要程度进行标度。

表 1 判断矩阵元素重要程度表

标度	意义
1	在准则 M 条件下, k_i 和 k_j 同等重要
3	在准则 M 条件下, k_i 相对 k_j 稍微重要
5	在准则 M 条件下, k_i 相对 k_j 比较重要
7	在准则 M 条件下, k_i 相对 k_j 非常重要
9	在准则 M 条件下, k_i 相对 k_j 极其重要
2,4,6,8	以上各级程度的中间值

最终根据标定结果得出如下的判断矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中, a_{ij} 为 k_i 和 k_j 重要程度的比值。

计算得出判断矩阵的特征向量和最大特征值, 然后通过相应的检验指标进行一致性检验。一旦检验结果正确, 就说明所得的特征向量可以表示权向量; 若结果不正确, 则需重新建立判断矩阵^[4]。判定指标分别为一致性指标 (CI)、随机一致性指标 (RI) 以及随机一致性比率 (CR), 其计算公式如下所示:

$$CI = \frac{\lambda_{\max}(A) - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$RI = \frac{\bar{\lambda}_{\max}(A) - n}{n - 1} \quad (6)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

式中, $\lambda_{\max}(A)$ 表示矩阵 A 的最大特征值。

当 CR 的值在 0.1 以内时, 认为矩阵符合一致性要求, 否则, 需修正矩阵 A , 直至符合要求为止。

1.3 指标权重的优化

利用自适应粒子群优化算法求解系统的最优解。自适应粒子群优化算法的计算式如下所示:

$$\omega = \begin{cases} \omega_{\max} - \frac{(\omega_{\max} - \omega_{\min})(f - f_{\text{avg}})}{f_{\max} - f_{\text{avg}}} & f > f_{\text{avg}} \\ \omega_{\max} & f \leq f_{\text{avg}} \end{cases} \quad (8)$$

式中, ω 为惯性因子, ω_{\max} 、 ω_{\min} 分别是最大和最小惯性因子, f 是元素的适应值, f_{avg} 是元素适应值的整体平均数, f_{\max} 是元素适应值的最大值。

利用自适应例子算法计算熵权法和层次分析法的结果进行优化。首先应对系统元素进行初始化, 然后根据系统的实际情况建立相应的数学模型, 求得各元素的适应度。在求取元素适应度过程中, 应选取最优的计算结果作为全局最优适应度。利用公式 (8) 不断对元素粒子状态进行更新, 直到系统收敛或达到计算上限为止^[5]。

1.4 系统综合评价

模糊评价可以对受众多复杂条件影响的系统进行综合性的整体评价。进行模糊评价首先要对模糊关系 R 进行计算, R 是影响条件集合 X 和评价集合 Y 的映射, 然后对模糊评价集合 $B=AR$ 进行计算。较为复杂的系统涉及的影响条件较多, 需要划分层次进行评价, 进行模糊多层次综合评价^[6]。首先建立因素集合 $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 其中每个条件 x_i 都包括 k 个影响因素。对集合 X 中各因素进行综合评价, 从而获得评价矩阵 R , 而 $B_i=A_i \circ R_i=\{b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}\}$ 则为 x_i 的单因素评价向量^[7]。而矩阵 X 的综合因素评价向量矩阵如下所示:

$$B = \begin{bmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \circ R_1 \\ \vdots \\ A_n \circ R_n \end{bmatrix} \quad (9)$$

2 输电工程项目规划综合评价

2.1 输电工程项目方案

以某输电工程项目为例, 某输电网项目设计方案有如下 3 种。

1) 方案 1 如图 2 所示。电能通过 2-11-13 传输到地区东部和北部; 通过 4-8-12-13 传输到东部; 通过 9-10-15-20 传输到中部。通过 9-10-16-18 传输到东部以及中部、通过 7-10-16-32 传输到中部。

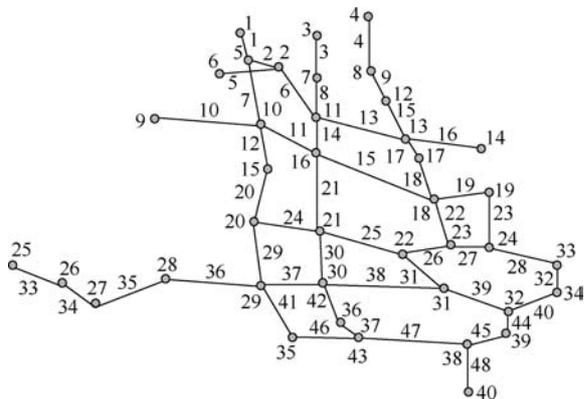


图 2 输电线路设计方案 1

2) 方案 2 如图 3 所示。其主要结构保持不变, 主要将节点 1 和节点 10 直接连接, 电能通过 6-10-15-20 输送到中部, 通过 6-10-16-18 输送到中、东部。

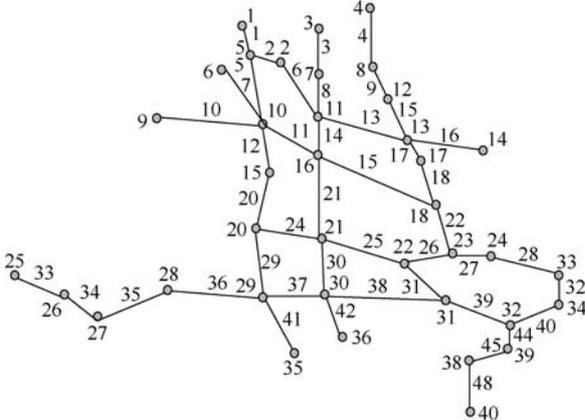


图 3 输电线路设计方案 2

3) 方案 3 如图 4 所示。其横向线路设计改动较大, 通过 2-7-12 把电能输送到北部, 通过 9-10-11-13 将电能输送到东部和北部, 而 1-6-15-16 线路的建设电网的电气联系变得更加紧密。

对以上 3 个建设方案的科学性进行综合评价, 首先根据相关行业专家的经验确定判断矩阵, 从而计算出系统权重, 然后利用熵权法对方案数据进行分析得出相关指标因素的权重, 并利用自适应粒子群算法求取权重最小方差的解, 最终通过模糊综合算法实现方案的最终评价^[8]。

2.2 层次分析法权重的计算

本文以系统安全性指标的分析为例, 对于项目安全性指标的分析, 主要综合多名行业专家的意见, 求得项目安全性指标的权重^[9]。各指标重要性见表 2。

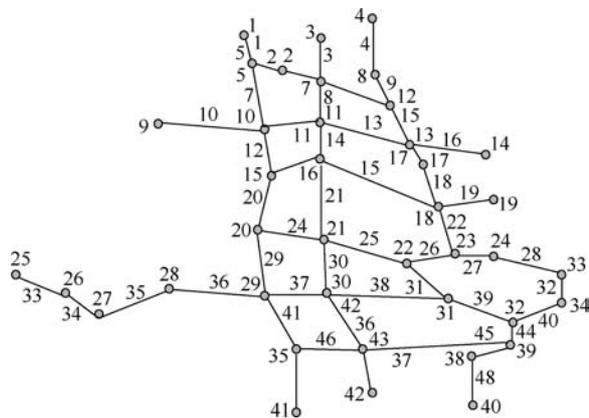


图 4 输电线路设计方案 3

表 2 安全性指标重要性

指标	大规模停电	静态安全	暂态安全	N-1, N-1 满足率
重要性	8	7	4	3

根据上表求得方案安全性指标判断矩阵如下所示:

$$A_{11} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.750 & 1.500 & 2.000 \\ 1.333 & 1.000 & 2.000 & 0.667 \\ 0.667 & 0.500 & 1.000 & 1.333 \\ 0.500 & 0.375 & 0.750 & 1.000 \end{bmatrix} \quad (10)$$

计算矩阵的随机一致性比率为 -3.205×10^{-6} 在 0.1 以内, 可见矩阵符合一致性检验, 而矩阵的最大特征值是 5, 其相应的权重向量如下所示:

$$A_{11} = [0.352 \quad 0.307 \quad 0.183 \quad 0.158] \quad (11)$$

同理可得系统其他安全性、适应性以及经济性指标的权重向量。

2.3 熵权法权重的计算

同样, 根据相关专家的建议获得各类指标的取值, 然后根据上文熵权法权重的计算公式求取系统安全性指标的权重, 见表 3。

表 3 安全性指标权重

指标类型	指标权重
大规模停电	0.176
无功裕度	0.077
有功裕度	0.083
线路超限断开时间	0.077
N-2 达标率	0.041

同理, 利用熵权法可以得到适应性和经济性各种指标的权重。

2.4 权重优化和方案评价

利用粒子群优化算法对安全性指标的权重进行优化, 其计算结果见表 4。

表 4 权重指标优化前后比较表

指标类型	优化前		优化后
	层次分析法 权重	熵值法 权重	最优粒子算法 优化权重
大规模停电	0.153	0.176	0.164
有功裕度	0.067	0.077	0.068
无功裕度	0.067	0.077	0.075
线路超限切除时间	0.080	0.041	0.053
N-2 达标率	0.069	0.083	0.075

经济性和适应性指标权重的计算方法是相似的。利用模糊算法对方案进行综合评分，首先建立评判集合如下所示：

$$V_0 = \{ \text{优秀 良好 中等 合格 不合格} \} \quad (12)$$

评判集合的数据区间如下所示：

$$V_1 = \{ [0.9,1], [0.8,0.09], [0.7,0.8], [0.6,0.7], [0,0.6] \} \quad (13)$$

相应的向量为

$$V_2 = [95, 85, 75, 65, 30] \quad (14)$$

从而求得各指标的模糊隶属度向量，利用模糊计算得出方案安全性、经济性以及适应性的得分，并求得最终得分^[10]。3个方案的最终得分见表5。

表 5 各设计方案的综合评价结果

方案	安全性	经济性	适应性	得分率	总分
	得分/得分率/ %	得分/得分率/ %	得分/得分率/ %	均值/ %	
方案 1	35.04/87.86	30.79/70.78	16.44/79.85	82.25	82.25
方案 2	31.32/75.81	35.64/93.04	17.03/73.75	83.98	83.98
方案 3	36.51/92.63	31.59/70.16	18.71/85.35	86.79	86.79

从表中的数据可以看出，方案 1 的安全性和适应性最好，方案 2 的经济性最好，综合评分方面方案 3 的得分最高。虽然方案 3 的经济性不是最佳的，但综合考虑系统的安全性和适应性，方案 3 是最佳的选择。

3 结论

本文从经济性、安全性以及适应性等多方面因素综合考虑分析，实现了输电线路建设方案的量化分析，利用模糊分析求得不同方案的得分，从而选择出最优的规划方案。利用该方法我们对建设项目的不同规划方案进行了分析和评价，最终综合考虑确定了最优的规划方案，具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 欧阳武, 程浩忠, 张秀彬, 等. 城市中压配电网最大供电能力评价方法[J]. 高电压技术, 2009, 35(2): 403-407.
- [2] 杨博, 赵娟, 唐玮, 等. 基于层次分析法的电网科技项目综合评价方法研究[J]. 电气技术, 2017, 18(4): 90-94.
- [3] 李欣然, 彭国荣, 朱湘有, 等. 配电网建设规模模糊综合评价方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(6): 70-77.
- [4] 张建华, 曾博, 张玉莹, 等. 主动配电网规划关键问题与研究展望[J]. 电工技术学报, 2014, 29(2): 13-23.
- [5] 严艺芬, 吴文宣, 张逸. 主动配电网规划关键问题研究[J]. 电气技术, 2016, 17(11): 1-5, 20.
- [6] 熊威, 戴爱英, 杨卫红, 等. 天津电网发展与经济发展协调性分析[J]. 电力建设, 2010, 31(7): 41-45.
- [7] 丁明, 过羿, 张晶晶, 等. 基于效用风险熵权模糊综合评判的复杂电网节点脆弱性评估[J]. 电工技术学报, 2015, 30(3): 214-223.
- [8] 朱旭凯, 刘文颖, 杨以涵. 综合考虑可靠件因素的电网规划新方法[J]. 电网技术, 2004, 28(21): 51-54.
- [9] 倪春华. 220kV 变电站供电能力评价方案在电网规划前期管理信息系统的应用[J]. 华东电力, 2007, 35(12): 70-72.
- [10] 伍力, 吴捷, 周乐荣. 输变电工程项目的模糊多目标综合评判决策[J]. 电网技术, 1999, 23(3): 19-22.

作者简介

金 鹏 (1970-), 男, 重庆綦江人, 本科, 一级建造师, 从事电力工程建设管理工作。