

# 模糊优选理论在泰安抽水蓄能电站弃渣场位置选择中的应用

程传民, 于洪太, 张谷田, 李洪波, 齐玉诚

(山东省泰安市水土保持科学研究所, 山东 泰安 271000)

**摘要:** 泰安抽水蓄能电站弃渣场址方案的确定涉及到众多因素的影响, 既有确定性因素, 又有不确定性因素; 既有定性指标, 又有定量指标, 方案的确定具有模糊性。抽水蓄能电站弃渣场址的选择, 是一项系统工程, 应综合考虑各因素的影响, 经分析选定评价指标主要为 A(生态指标)、B(经济指标)、C(社会效益指标)三大类。采用模糊优选理论模型进行抽水蓄能电站弃渣场址方案的选择是科学的, 合理的。

**关键词:** 抽水蓄能电站; 弃渣场; 模糊优选理论

中图分类号: S 157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)04-0026-03

## Application of Fuzzy Optimum Seeking Theory to Choosing Abandoned Dreg Site in Taian Hydroenergy Storage Station

CHENG Chuan-min, YU Hong-tai, ZHANG Gu-tian, LI Hong-bo, QI Yu-cheng

(Institute of Soil and Water Conservation Science, Taian 271000, Shandong, China)

**Abstract:** The scheme of choosing abandoned dreg site of Taian hydroenergy storage station involved in a number of factors, such as uncertain factors, quantitative indexes, the sureness of the scheme is fuzzy. The choosing of abandoned dreg site of hydroenergy storage station is a systematic engineering, which should be comprehensively considered with every factor's effect. Through analyzing that it is mainly A(ecological index), B( economic index) and C( social benefit index) to select the evaluation index. Adopting fuzzy optimum seeking theory to select the scheme of abandoned dreg site is scientific and rational in hydroenergy storage station.

**Key words:** hydroenergy storage station; abandoned dreg site; fuzzy optimum seeking theory

泰安抽水蓄能电站位于山东省泰安市西郊, 泰山西南麓, 泰山风景名胜区二级保护区和外围保护区内。黄河下游支流大汶河的二级支流泮汶河附近, 距泰安市 5 km, 距山东省省会济南市 70 km, 京沪铁路和 104 国道从工程区通过。电站由上水库、下水库、输水系统及地下厂房系统等建筑物组成。上水库建于樱桃沟, 正常蓄水位 410.00 m, 相应库容 1 022.16 万 m<sup>3</sup>; 下水库利用已建成的大河水库, 正常蓄水位 165.00 m, 相应库容 2 234.72 万 m<sup>3</sup>。输水系统及地下厂房系统位于横岭山体内部, 地下厂房布置 4 台单级可逆式水轮机组, 总装机容量为 1 000 MW (4 × 250 MW)。电站年发电量 13.376 亿 kW · h, 年抽水用电量 17.834 亿 kW · h, 综合效率为 0.75。电站建成后, 将作为山东省电网灵活高效的大型调峰电源, 在电网中担任调峰填谷和调频、调相及事故备用等任务。根据国家批复的《山东省泰安抽水蓄能电站规划设计》,

整个工程总弃渣量约为 370.88 万 m<sup>3</sup>, 弃渣成分主要为粉碎性岩石, 岩石性质以混合花岗岩、黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩为主。370.88 万 m<sup>3</sup> 弃渣除部分直接应用于电站工程建设外, 需异地堆放弃渣 260 万 m<sup>3</sup>。

### 1 弃渣场位置方案

#### 1.1 方案一

根据总弃渣量, 确定了 3 处弃渣场, 一处是位于泰山风景保护区内的石壁峪渣场, 距离电站建设工程现场较近, 容量小; 另一处设在 598 部队打靶场附近, 位置较远, 容量小。这两处渣场主要是存放上水库及地下厂房系统洞挖石渣。第三处设在大河水库主坝西南侧, 位置较近, 容量大, 主要是存放大坝除险加固及溢洪道开挖弃渣。靶场和大河水库坝后 2 处弃渣场均位于泰山风景区外围保护区。3 处弃渣场

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-05-26

作者简介: 程传民(1972-), 男, 所长、工程师, 1994年毕业于山东农业大学, 主要从事水土保持科研、技术咨询与管理等工作, 参加科研课题 3 项, 发表论文 10 余篇。

规划存放量约 260 万  $m^3$ 。

### 1.2 方案二

确定 2 处弃渣场。一处设在 598 部队打靶场附近,另一处设在大河水库主坝西南侧。2 处弃渣场规划存放量约 260 万  $m^3$ 。

### 1.3 方案三

确定 1 处弃渣场。设在大河水库主坝西南侧,弃渣场规划存放量约 260 万  $m^3$ 。可利用弃渣场形成的有利地形建设坝后公园,形成新的景观。

## 2 弃渣场位置优选

泰安抽水蓄能电站弃渣场址方案的确定涉及到众多因素的影响,既有确定性因素,又有不确定性因素;既有定性指标,又有定量指标,方案的确定具有模糊性。本课题采用模糊优选理论模型进行抽水蓄能电站弃渣场址方案的选择。

### 2.1 模糊优选理论模型

抽水蓄能电站弃渣场址方案优选,就是在备择方案中选择一个最优方案。方案的优与劣是一对客观存在的模糊概念,这就是优选的模糊性,也是泰安市抽水蓄能电站弃渣场址方案优劣识别中的所呈现的一种客观属性。

### 2.2 确定方案集

设有  $n$  个方案组成方案集

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\} \quad (1)$$

优选是在方案  $D$  集中进行,即在  $D$  中的  $n$  个方案之间做优与劣的比较,与  $D$  以外的方案无关,这是优选的相对性。

### 2.3 确定方案的评价指标

设每个方案有  $m$  个评价指标,则  $n$  个方案的  $m$  个指标可用指标特征值矩阵表示:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mr} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中:  $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ 。

### 2.4 评价指标的规格化

由于各评价指标之间存在着量纲、量级上的差异,为消除此影响,用下式将  $m$  指标进行规格化处理:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{i \max}} \quad (3)$$

或

$$Y_{ij} = 1 - \frac{X_{ij}}{X_{i \max}} \quad (4)$$

式中:  $Y_{ij}$  —— 第  $j$  个方案第  $i$  个指标的特征值;  $X_{i \max}$  —— 第  $i$  个指标的最大值;  $Y_{ij}$  ——  $X_{ij}$  的规格化值,  $0 \leq Y_{ij} \leq 1$ 。

(3) 式用于越大越优指标的规格化; (4) 式用于越小越优指标的规格化,用(3)或(4)式将评价指标特征值矩阵转化为相对隶属度矩阵。

$$R = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1m} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{m1} & Y_{m2} & \dots & Y_{mr} \end{bmatrix} \quad (5)$$

### 2.5 评价指标权重的确定

由于  $m$  个指标对优选的作用程度不同,应给予不同的权重。设  $m$  个评价指标的权向量

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_m) \quad (6)$$

式中:  $W_i$  —— 第  $i$  个评价指标的权重。

权重的确定方法有专家打分法,层次分析法等,本研究根据具体情况选定采用层次分析法。

### 2.6 确定最优与最劣方案

设最优方案为  $G = (g_1, g_2, \dots, g_m)$ , 最劣方案为  $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ 。根据模糊优选的相对性,  $g_i, b_i$  可用下式确定:

$$g_i = Y_{i1} \quad Y_{i2} \quad \dots \quad Y_{in} \quad (7)$$

$$b_i = Y_{i1} \quad Y_{i2} \quad \dots \quad Y_{in} \quad (8)$$

式中:  $g_i$  —— 优等方案的第  $i$  个指标;  $b_i$  —— 劣等方案的第  $i$  个指标。

为计算方便,最优方案可取为  $G = (1, 1, \dots, 1)$ , 最劣方案可取为  $B = (0, 0, \dots, 0)$ 。

### 2.7 计算方案的优属度

为求解方案  $j$  相对优等方案的优属度  $U_j$ , 建立模糊环境下的目标函数: 方案  $j$  的距优加权距离与距劣加权距离平方和为最小。通过求导得计算公式:

$$U_j = \frac{1}{1 + \left\{ \frac{\sum_{i=1}^m [W_i(g_i - Y_{ij})]^P}{\sum_{i=1}^m [W_i(Y_{ij} - b_i)]^P} \right\}^{\frac{2}{P}}} \quad (9)$$

式中:  $P$  —— 为距离参数,一般取  $P = 1$  或  $P = 2$ 。

由(5)、(6)、(7)、(8)、(9)式计算个方案的优属度:

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_n) \quad (10)$$

根据最大优属原则,由(10)式  $n$  个方案的优属度的大小即可确定最优方案和进行  $n$  个方案的优劣排序。

(9) 式称为多目标单元系统模糊优选理论模型。由于评价系统的复杂性,一个复杂的评价系统往往分成若干个子系统。在此情况下,系统优选一般先从低层次的单元系统进行,把低层次系统的优选结果的作为高层次系统的输入,然后依多目标单元系统的优选方法,再进行高一层次系统的方案优选。

## 3 弃渣场址的方案优选

### 3.1 确定弃渣场址方案集

结合抽水蓄能电站周边环境情况,经过综合调查分析,确定 3 个方案组成备择方案集  $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ 。其中  $u_1$  表示“樱桃园石壁峪沟、598 部队打靶场、大河水库主坝下游”;  $u_2$  表示“598 部队打靶场、大河水库主坝下游”;  $u_3$  表示“大河水库主坝下游”。

### 3.2 确定方案的评价指标

抽水蓄能电站弃渣场址的选择,是一项系统工程,应综合考虑各因素的影响,经分析选定评价指标主要为 A(生态指标)、B(经济指标)、C(社会效益指标)三大类。具体指标如下:

A: 生态指标

$A_1$ ——破坏水土保持设施占地面积;  $A_2$ ——淤积河道、大河水库,影响防洪;  $A_3$ ——弃渣场址治理后的植被覆盖率;  $A_4$ ——对泰山自然景观的影响;  $A_5$ ——改善项目区域生态环境;

B: 经济指标

$B_1$ ——项目治理投资(万元);  $B_2$ ——运输费用(万元);  $B_3$ ——预期经济效益;  $B_4$ ——工程工期(月);  $B_5$ ——工程治理难易程度;

C: 社会效益指标

$C_1$ ——对保护泰山世界自然文化遗产的贡献;  $C_2$ ——提高人民保护生态环境的意识;  $C_3$ ——增加就业机会,保护社会稳定。

表 1 方案评价指标与权重

第二层指标	权重	第一层指标	权重	评价指标特征值		
				方案 1	方案 2	方案 3
生态环境	0.44	$A_1$	0.25	654	560	405
		$A_2$	0.15	83	62	45
		$A_3$	0.25	60%	70%	80%
		$A_4$	0.20	90	62	54
		$A_5$	0.15	48	61	85
经济效益	0.31	$B_1$	0.30	6400	4750	3400
		$B_2$	0.20	310	380	460
		$B_3$	0.25	20	51	93
		$B_4$	0.10	28	34	36
		$B_5$	0.15	90	80	40
社会效益	0.25	$C_1$	0.50	42	63	90
		$C_2$	0.20	40	48	95
		$C_3$	0.30	20	22	85

表 2 方案评价指标相对隶属度与权重

第二层指标	权重	第一层指标	权重	评价指标特征值		
				方案 1	方案 2	方案 3
生态环境	0.44	$A_1$	0.25	0	0.143	0.380
		$A_2$	0.15	0	0.253	0.458
		$A_3$	0.25	0.75	0.875	1.000
		$A_4$	0.20	0	0.311	0.400
		$A_5$	0.15	0.565	0.718	1.000
经济效益	0.31	$B_1$	0.30	0	0.258	0.469
		$B_2$	0.20	0.326	0.174	0
		$B_3$	0.25	0.215	0.548	1.000
		$B_4$	0.10	0.222	0.056	0
		$B_5$	0.15	0	0.111	0.444
社会效益	0.25	$C_1$	0.50	0.467	0.700	1.000
		$C_2$	0.20	0.421	0.505	1.000
		$C_3$	0.30	0.235	0.259	1.000

其中,工程投资、植被覆盖率等为定量指标;对自然景观的影响、工程治理难易程度等指标为定性指标,具体指标见表 1。根据工程实际与专家评估,将定性指标转化定量指标,定性指标按 100 分制,采用专家打分法,各项评价指标的结果列于表 1。

### 3.3 评价指标的规格化处理

利用公式(3)、(4)将表 1 评价指标转化为相对优属度,

计算结果见表 2。

### 3.4 评价指标权重的确定

本项目采用层次分析法确定各评价指标的权重,具体过程不再详述,权重确定结果见表 2。

### 3.5 计算方案的优属度

首先进行第一层次的优选。由表 2 将生态环境评价指标下的 5 个评价指标的相对优属度组成评价指标优属度矩阵

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.143 & 0.380 \\ 0.000 & 0.253 & 0.458 \\ 0.750 & 0.875 & 1.000 \\ 0.000 & 0.311 & 0.400 \\ 0.565 & 0.718 & 1.000 \end{bmatrix}$$

由表 2 可知,生态环境评价指标下的 5 个评价指标的权重为:

$$W = (0.25, 0.15, 0.25, 0.20, 0.15)$$

由(9)式,最优方案取为  $G = (1, 1, \dots, 1)$ ,最劣方案可为  $B = (0, 0, \dots, 0)$ ,且取  $P = 2$  计算得:

$$U_1 = (0.176, 0.482, 0.846)$$

同理,计算得三个方案关于经济指标、社会效益指标的优属度值:

$$U_2 = (0.003, 0.094, 0.643)$$

$$U_3 = (0.276, 0.883, 1.000)$$

将第一层评价计算的结果组成第二层评价的指标相对优属度矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.176 & 0.482 & 0.846 \\ 0.003 & 0.094 & 0.643 \\ 0.276 & 0.833 & 1.000 \end{bmatrix}$$

由表 2 可知,生态环境、经济效益、社会效益的权重为:

$$W = (0.44, 0.31, 0.25)$$

由(9)式计算得:

$$U = (0.124, 0.015, 0.454)$$

根据计算结果,第一、第二、第三方案的优属度分别为 0.124, 0.015, 0.454。根据最大隶属原则,可以判定第三个方案为最优方案。

同理,取  $P = 1$ ,按(9)式进行计算得三个方案的优属度向量为:

$$U = (0.296, 0.072, 0.546)$$

根据最大隶属原则,同样可以判定第三个方案为最优方案,证明计算结果是正确的。

## 4 优选结果

通过建立模糊数学模型,优选出大河水库坝后弃渣场作为抽水蓄能电站唯一弃渣场。该弃渣场位于泰山风景名胜外围保护区,对泰山自然景观影响小,具有有利地形可利用,容渣量大,距离产渣点近,运输方便,成本低,水土流失防治难度小、投资少,对大河水库主坝具有加固稳定作用。弃渣场位置优选模糊数学模型的建立确保了弃渣场位置的科学性。