

堆石坝坝型优选模型及评价方法研究

陈永兴^{1,2}, 常昊天¹, 鲁文妍¹, 任炳昱¹

(1. 天津大学水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300072;

2. 中国水电顾问集团北京勘测设计研究院, 北京 100024)

[摘要] 坝型优选属于多因素、多方案的复杂决策问题, 不仅需要经验丰富的熟悉实际工程情况的专家, 而且需要运用客观的分析决策技术。本文综合分析堆石坝坝型选择中的各种影响因素, 建立了坝型方案优选的递阶层次结构模型。考虑了层次分析法和熵权法对权重确定的不足, 将两者结合起来计算综合权重, 并运用TOPSIS法对模型进行求解计算, 最终确定优选方案。实际应用结果表明, 该方法计算简便、结果可靠, 能够为堆石坝坝型优选提供科学的决策依据。

[关键词] 堆石坝; AHP法; 熵权法; TOPSIS法; 坝型优选

[中图分类号] TV641 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)04-0096-06

1 前言

堆石坝是以石料为填筑材料的挡水建筑物, 坝体一般由堆石区、防渗体和过渡层等组成。由于具有良好的适应性和经济性, 堆石坝筑坝技术在国内外发展速度很快, 坝型也越来越丰富。按照防渗材料、防渗体设置的部位、施工方法及运用方式来划分, 一般包括: 土质直心墙堆石坝、土质斜心墙堆石坝、钢筋混凝土面板堆石坝、沥青混凝土心墙(面板)堆石坝等。在项目的可行性研究阶段, 某一指定坝址通常都有多个坝型方案可供选择, 且互有优缺点, 这给决策者优选最佳坝型带来了困难。坝型选择是水工设计中需要解决的一个重要问题, 也是一项十分复杂的综合技术经济问题, 它涉及造价、工期、地质、地形、枢纽布置、施工条件等众多评价因素。如何根据坝址区的实际自然条件, 比较全面地考虑各种影响因素, 做出一个相对较优的决策, 仅仅依靠丰富的经验无法完全胜任^[1]。

传统水利水电工程坝型选择的基本思路是: 首先提出几个可行坝型, 然后通过对比若干影响因

素, 凭经验或以地形地质条件为主, 或以工程造价最低为主等进行优选^[2]。这种比选方法中人为因素所占的比重较大, 对大中型水利水电工程往往容易造成误判。为了综合考虑多种因素, 较客观、全面地模拟人们的模糊评判, 减少坝型比选中的主观性, 越来越多的多目标决策方法被应用于坝型的优选决策中来。本文引入主观权重确定法(AHP法)和客观权重确定法(熵值赋权法)分别计算权重, 通过两者的结合确定综合权重^[3], 进而运用逼近理想解(TOPSIS)法计算各方案与理想解的贴近度, 对坝型方案进行比较及选择, 以得到合理结果。

2 研究方法

2.1 方法描述

1) AHP法。AHP法最早是20世纪70年代由运筹学家、美国匹兹堡大学教授(T. L. Saaty)提出的^[4], 它是一种定性定量相结合的、系统化、层次化的分析方法^[5]。AHP法是一种解决多目标的复杂问题的定性定量相结合的决策分析方法。它的特点是把复杂问题中的各种因素通过划分为相互联系

[收稿日期] 2012-11-20

[基金项目] 国家自然科学基金创新研究群体科学基金项目(51021004); 天津市应用基础及前沿技术研究计划资助项目(12JCZDJC29200); “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAB10B06)

[作者简介] 陈永兴(1967—), 男, 浙江嵊州市人, 博士研究生, 研究方向为水利水电工程施工仿真与实时控制; E-mail: 523659864@qq.com

的有序层次,使之条理化,根据对一定客观现实的主观判断结构(主要是两两比较)把专家意见和分析者的客观判断结果直接而有效地结合起来,将同一层次元素两两比较的重要性进行定量描述。而后,利用数学方法计算反映每一层次元素的相对重要性次序的权值,通过所有层次之间的总排序计算所有元素的相对权重,并进行排序。模拟人的决策思维过程是一种用以解决多因素复杂系统,特别是难以描述的社会系统的分析方法,适用于多目标,多准则的复杂问题。

2)熵值赋权法(熵权法)。熵是热力学中的物理概念,表示系统的无序程度,它最先由Shannon引入信息论。熵权法基于“差异驱动”原理,突出局部差异,由各个样本的实际数据求得最优权重,反映了指标信息熵值的效用价值,避免了人为的影响因素,因而给出的指标权重更具有客观性,从而具有较高的再现性和可信度,且赋权过程具有透明性、可再现性等优点^[9]。用熵权表示评价指标的相对重要程度,基本思想是认为评价指标的差异程度越大越重要,则权重相应也最大。

3)TOPSIS法。TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution)法是系统工程中有限方案多目标决策分析中的一种常用方法。该方法由C. L. Hwang和K. Yoon首次提出^[7,8],以靠近理想点和远离负理想点两个基准作为评价各个可行方案的判断依据,具有实用性强、计算简便、评估结果合理、应用灵活等优点,多用于多目标优选和综合评价排序。

2.2 求解思路

在模糊综合评价中,权重的设计是一项重要的内容,对评价结果有重要影响。现有模糊综合评价方法中评价指标权重的确定按赋值形式的不同可分为主观权重(例如AHP法)和客观权重(例如熵权法),主观权重一般采用专家打分法来确定,在评价过程中考虑了专家的经验 and 知识,但主观随意性较大^[9];熵权法充分挖掘指标的原始数据蕴含的信息,反映了具体数据对评价结果的贡献度,结果客观,但却不能反映专家及决策者的意见^[10]。因此,本文将AHP法和熵权法结合起来,对影响堆石坝坝型优选的评价指标进行组合赋权,以互相弥补缺陷,进而得到一个较客观公正的权重确定结果。最后,采用TOPSIS法,计算各备选方案相对于理想最优方

案的接近程度,依据相对接近度的大小对评价结果排序。

3 实例分析

3.1 工程概况

某水电站位于我国西南地区的金沙江上游河段,主要建筑物包括拦河坝、泄洪建筑物、引水系统、地面厂房系统等。坝址处地形条件较好,河谷较宽,地质构造相对简单,河床覆盖层深厚。由于河床覆盖层结构层次复杂,渗透性强,承载力低,若布置混凝土坝需要全部挖除覆盖层,基坑深达91 m,基础开挖量巨大,工程临时边坡高度超过200 m,施工导流、基坑排水、进出基坑交通等布置困难,坝高近200 m,坝体混凝土工程量大,经济性差,故不考虑混凝土坝。随着施工技术的发展,深厚覆盖层的防渗处理技术日益成熟,垂直防渗深度可达到100多米,同时利用深厚覆盖层修筑百米级、甚至两百米级高土石坝的技术也日益成熟,工程实例不断增加。该水电站坝址河床覆盖层深厚,适宜修建当地材料坝。因此,初拟了3个坝型方案,即碎石土心墙堆石坝、沥青混凝土心墙堆石坝、钢筋混凝土面板堆石坝。

由于堆石坝坝选比选的影响因素众多,根据对该工程实际情况的分析,最终选择了9个指标来评价方案的优劣,分别是地形地质条件、枢纽布置、坝型适应性、工程量、施工条件、施工工期、建筑材料、工程投资、运行条件。建立了坝型方案优选的层次结构模型,如图1所示。

3.2 影响因素的分析

在查阅了国内外文献资料、与相似工程对比及对施工现场调查的基础上,本文综合了多名堆石坝设计和施工方面的相关专家的意见,整理出专家意见调查表(见表1),为随后的分析与求解提供依据^[11]。

4 求解步骤

4.1 利用AHP法计算指标权重

指标层对目标层的指标权重可以通过对该层中的元素构造成对比较判断矩阵,再计算此矩阵的最大特征根和对应的特征值向量,通过一致性检验后,其中的特征值向量即为所求的指标权重。

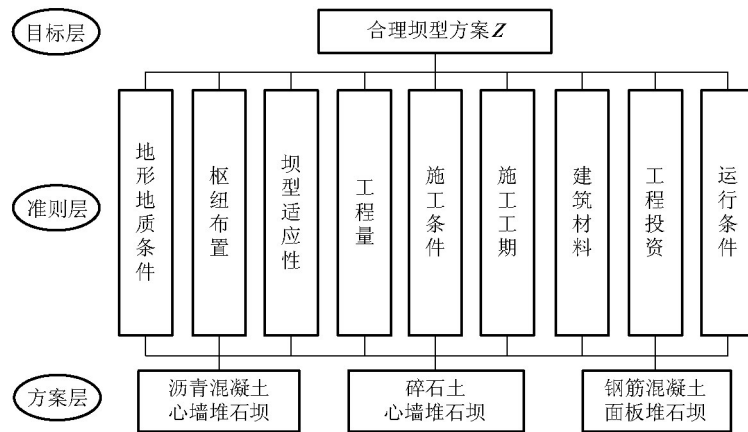


图1 坝型方案优选层次结构模型

Fig.1 Hierarchy model of scheme optimization for dam type

表1 坝型综合比较表(专家意见)

Table 1 Comprehensive comparison of dam type (expert opinions)

序号	项目	碎石土心墙堆石坝	沥青混凝土心墙堆石坝	钢筋混凝土面板堆石坝	比较意见
1	地形地质条件	对于碎石土心墙堆石坝和沥青混凝土心墙堆石坝,心墙适应变形的能力较强,基坑开挖浅而且开挖量小,基坑涌水及基坑边坡稳定问题相对简单		对于面板堆石坝,趾板的基础可能存在不均匀变形问题。由于河床覆盖层深厚,各层结构复杂,大部分地层透水较强,基础开挖时基坑涌水量大,排水困难,且基坑边坡稳定问题较为突出	沥青混凝土心墙堆石坝和碎石土心墙堆石坝要优于面板堆石坝
2	枢纽布置	碎石土心墙坝和沥青混凝土心墙坝由于上游围堰与坝体结合,采用上坝线,枢纽布置基本相同。两个心墙坝方案的泄洪消能系统布置相同,引水发电系统布置相同,经计算,引水系统不设调压室		面板坝方案由于上游围堰无法与坝体结合,为避免导流洞跨沟布置,采用中坝线。面板坝方案的溢洪道轴线向山里平移,使开挖量有所增加。面板坝方案由于厂房位置下移,须设置引水调压室	两种心墙坝较优
3	坝型适应性	两种心墙坝虽然坝体沉降、防渗墙应力和变形较大一些,但均在工程经验和材料强度可控范围内,采用适当工程措施后,可将不利影响降低,故基础不需要深挖		面板坝由于坝体防渗体系布置在上游坝面,防渗体系分缝多,止水布置复杂,容易受坝体和覆盖层基础不均匀沉陷影响,出现面板结构性裂缝、分缝止水变形过大而破裂等问题,影响防渗效果和可靠性	两种心墙坝对基础的适应性基本相当,相对而言,面板坝方案对基础的适应性较差
4	工程量	3种坝型枢纽的泄洪消能建筑物和厂房工程量相差很小,工程量的差异主要体现在引水系统和拦河坝上。由于面板坝方案须设置引水调压室,相应洞挖工程量较大。坝体填筑,碎石土心墙坝与沥青混凝土心墙坝相当,面板坝最小;混凝土量、钢筋工程量面板坝较大;基础处理方面,面板坝防渗墙面积比其他两个心墙坝小;在止水材料工程上,面板坝远远高于其他坝型			
5	施工条件	各坝型方案主体施工方法基本相同。混凝土面板坝方案的混凝土面板施工有别于心墙坝型施工;碎石土因其质量缺陷,需均匀掺和粘土料后上坝,质量控制较难;沥青混凝土心墙施工需专用的成套设备。碎石土心墙坝方案的碎石土用量较大,受料源质量限制,集中在C2-1区开采,形成料场高边坡,同时因料场的无用层较厚,弃渣量大,对环境影响较大;沥青混凝土心墙坝和混凝土面板坝方案可省去碎石土料场及高塑性土料场;沥青混凝土心墙坝方案需碱性骨料场,并设置加工系统和沥青混凝土拌和站			
6	工期	各坝型方案均为当地材料坝、左岸地面厂房,施工关键线路均为拦河坝施工。各坝型方案的工期安排差别不大。计划总工期分别为71个月、72个月、73个月			
7	建筑材料	根据目前碎石土料的勘探和试验成果看,料场的原状料不满足相关规范对碎石土防渗料的要求,需要进行掺和粘土改性。由于土料的天然含水量低,改性后的碎石土和高塑性土需要进行加水处理。因此碎石土心墙堆石坝的心墙防渗料的加工工艺复杂、质量控制难度大。沥青混凝土心墙坝所需石油沥青须外购			从天然建筑材料来看,沥青心墙堆石坝和面板堆石坝相当,碎石土心墙堆石坝相对较差

续表

序号	项目	碎石土心墙堆石坝	沥青混凝土心墙堆石坝	钢筋混凝土面板堆石坝	比较意见
8	工程投资	工程预计静态投资分别为1 446 730万元、1 410 927万元和1 429 085万元			
9	运行条件	<p>在正常运行时,各坝型坝体和坝基渗漏量、渗透比降均在许可范围内,相对而言碎石土心墙坝渗漏量略大。</p> <p>防渗墙和坝体防渗体连接方式上,碎石土心墙坝防渗墙插入心墙内,简单可靠;沥青混凝土心墙坝防渗墙通过坝基廊道与心墙相接,接触带防渗可靠性较差;面板坝防渗墙通过连接板与趾板连接,中间薄弱环节较多,可靠性差一些。</p> <p>两种心墙坝坝基布置灌浆检查廊道,工程运行期间具备帷幕补强灌浆条件,面板坝则无补灌条件</p>			3种坝型技术上都是可行的。从运行条件分析,3种坝型均可行,且有各自的特点。相对而言,沥青混凝土心墙坝的运行条件较好一些

1)判断矩阵的构造。求解指标层中 n 个元 $G=\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ 对其上层目标 Z 各自所占的权重,则可以每次选取其中的两个因素 g_i 和 g_j 进行两两比较,令 $a_{ij}=g_i/g_j$,即可得到成对比较判断矩阵

$$A=(a_{ij})_{n \times n} \quad (1)$$

其中, $a_{ij}>0, a_{ij}=1/a_{ji}, a_{ii}=1(i, j=1, 2, \dots, n)$ 。

$$A = \begin{matrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \\ G_5 \\ G_6 \\ G_7 \\ G_8 \\ G_9 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 3 & 1/2 & 2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/4 & 1/2 & 1/4 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1/4 & 1/2 & 1/3 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1/4 & 1/2 & 1/3 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1/2 \\ 2 & 4 & 4 & 4 & 3 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 1/2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 4 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 1/2 & 3 & 3 & 3 & 2 & 1/2 & 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

2)计算排序权重向量。先用和积法求解出上述判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} ,再根据式(3)

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (3)$$

可以求解出 λ_{\max} 所对应的特征向量,再将其标准化,即为该层次中所有元素相对于上一层目标的权重向量。

A 的最大特征值 $\lambda_{\max}=9.189 4$,相应的特征向量为

$$W_{\text{AHP}} = (0.166 1 \ 0.040 1 \ 0.055 7 \ 0.055 7 \ 0.064 4 \ 0.221 4 \ 0.079 5 \ 0.191 2 \ 0.126 0)^T$$

W_{AHP} 即为地形地质条件、枢纽布置、坝型适应性、工程量、施工条件、施工工期、建筑材料、工程投资、运行条件等影响因素相对于目标层——坝型优选所占的权重。

3)一致性检验。求解出排序权重后还要进行一致性检验,只有通过检验后才可以作为最终的权重,否则需要重新调整判断矩阵。判断矩阵的一致性指标 CI 由式(4)计算

而两个因素的比值 a_{ij} 则采用Satty提出的1~9及其倒数作为标度的标度方法^[12],比值越大说明前一个因素相比后一个因素对于上层目标而言更具有优势,而比值的选取通常通过咨询相关领域的专家经充分比较后确定,如式(2)所示。

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = 0.023 7 \quad (4)$$

式(4)中, n 为判断矩阵 A 的阶数, CI 值越小说明判断矩阵的一致性越好。将 CI 与平均随机一致性指标进行比较,即令 $CR=CI/RI$ (查表2,得 $RI=1.45$),称 CR 为随机性一致性比率。

只有当 $CR=CI/RI=0.016<0.1$ 时,才认为判断矩阵具有满意的一致性,即通过一致性检验。

表2 随机一致性指标(RI)

Table 2 Random consistency index (RI)

n	RI	n	RI	n	RI
1	0	4	0.9	7	1.32
2	0	5	1.12	8	1.4
3	0.6	6	1.24	9	1.45

4.2 数据归一化处理

各方案指标的具体数值详见表3左侧部分。其中,定性指标如地形地质条件、施工技术难度等,由

于难以用具体的数值进行衡量,则通过采用专家打分的方法来对其进行量化,每一位专家对该准则下某方案的分值取[0, 1]之间的一个实数,然后对所有专家所给分数取平均值即为该方案相对于某准则

所得的最终分值。此外,还要根据指标的类型(效益型、成本型)进行归一化处理(见表3右侧部分)。进而,构建标准化决策矩阵

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \quad (5)$$

表3 方案指标具体数值及标准化结果
Table 3 The value of scheme index and standardization

指标层	沥青混凝土 心墙堆石坝	碎石土心 墙堆石坝	钢筋混凝土 面板堆石坝	r_{ij}	1	2	3
地形地质条件 G_1	0.48	0.51	0.21	1	0.900	1	0
枢纽布置 G_2	0.81	0.79	0.62	2	1	0.895	0
坝型适应性 G_3	0.75	0.75	0.40	3	1	1	0
工程量 G_4	0.62	0.70	0.50	4	0.40	0	1
施工条件 G_5	0.90	0.10	0.41	5	1	0	0.388
总工期 G_6 /月	71	72	73	6	1	0.500	0
建筑材料 G_7	0.61	0.31	0.70	7	0.750	0	1
工程投资 G_8 /万元	1 410 927	1 446 730	1 429 085	8	1	0	0.493
运行条件 G_9	0.71	0.45	0.40	9	1	0.167	0

4.3 利用熵权法计算指标权重

1) 采用公式 $H_j = -k \sum_{i=1}^3 f_{ij} \ln f_{ij}$, $i=1, 2, 3$ (方案的个数), $j=1, 2, \dots, 9$ (指标的个数) 计算熵值, 其中 $f_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^3 r_{ij}$, $k = 1/\ln 3$, 但是当 $f_{ij} = 0$ 时, 约定 $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$, 得

$$H = (0.6297 \ 0.6295 \ 0.6309 \ 0.5446 \ 0.5393 \ 0.5794 \ 0.6216 \ 0.5774 \ 0.3737)^T$$

$$2) \text{采用公式 } w_j = \frac{1 - H_j}{9 - \sum_{j=1}^9 H_j} \quad (6)$$

得出熵权法的权重为

$$W_{\text{enter}} = (0.096 \ 0.096 \ 0.095 \ 0.118 \ 0.119 \ 0.109 \ 0.098 \ 0.109 \ 0.162)^T$$

$$Z = \begin{bmatrix} 0.127 & 0.034 & 0.047 & 0.023 & 0.068 & 0.214 & 0.052 & 0.186 & 0.181 \\ 0.141 & 0.031 & 0.047 & 0 & 0 & 0.107 & 0 & 0 & 0.030 \\ 0 & 0 & 0 & 0.058 & 0.026 & 0 & 0.069 & 0.092 & 0 \end{bmatrix}$$

4.6 确定各方案的理想解向量 Z^+ 和负理想解向量 Z^-

$$Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_9^+) \quad (9)$$

$$\text{即, } Z^+ = (0.141 \ 0.034 \ 0.047 \ 0.058 \ 0.068$$

$$0.214 \ 0.069 \ 0.186 \ 0.181)$$

$$Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_9^-) \quad (10)$$

4.4 指标的主、客观综合赋权

将AHP法与熵权法结合对各项指标进行组合赋权,以互相弥补缺陷,提高权重确定的准确性。公式为

$$W_{\text{final}} = \frac{W_{\text{AHPi}} \times W_{\text{entri}}}{\sum_{i=1}^9 (W_{\text{AHPi}} \times W_{\text{entri}})} \quad (7)$$

$$\text{即, } W_{\text{final}} = (0.141 \ 0.034 \ 0.047 \ 0.058 \ 0.068 \ 0.214 \ 0.069 \ 0.186 \ 0.181)^T$$

4.5 计算加权决策矩阵

将各指标的权重与形成的无量纲化决策矩阵相乘,得到加权决策矩阵 Z 。

$$Z = W_{\text{final}} \otimes R \quad (8)$$

即,

$$\text{即, } Z^- = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

4.7 计算3个坝型方案与理想解和负理想解的距离欧氏距离为

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^9 (z_{ij} - z_j^+)^2}, \quad i=1, 2, 3 \quad (11)$$

即, $d_1^+ = 0.042$, $d_2^+ = 0.286$, $d_3^+ = 0.336$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^9 (z_{ij} - z_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (12)$$

即, $d_1^- = 0.375$, $d_2^- = 0.189$, $d_3^- = 0.131$

4.8 计算各评价方案与最优值的相对贴近度

$$C_i = d_i^- / (d_i^+ + d_i^-), \quad i = 1, 2, 3 \quad (13)$$

即, $C_1 = 0.900$, $C_2 = 0.398$, $C_3 = 0.281$

即评价出3种坝型中沥青混凝土心墙堆石坝为最优坝型。

5 结语

本文全面分析了影响坝型选择的多种复杂因素,综合应用了AHP法、熵权法和TOPSIS法来优选决策堆石坝的坝型方案。该方法通过赋权和贴近度的计算,同时考虑了指标原始数据的差异性大小以及专家的经验,保证了优选结果的真实性、合理性。具有可操作性和推广应用价值。

在其他堆石坝工程的坝型优选过程中,可以根据工程的具体特点和坝址处的实际条件重新确定准则层因素的权重;另外,在优选过程中可以增加受访专家的数量,进而提高判断矩阵的可信度。

参考文献

- [1] 岳春芳. 水利枢纽工程坝型优选模型及其应用研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2001.
- [2] 侍克斌,毛建斌,岳春芳. 基于灰关联综合评估的水利枢纽工程坝型优选[J]. 数学的实践与认识,2004,34(2):65-69.
- [3] 周景阳,陈起俊,张琳. 熵权和AHP法在建筑施工企业评优中的综合应用[J]. 建筑技术,2010,41(11):1035-1038.
- [4] Saaty T L. Modelling unstructured decision problems—the theory of analytical hierarchies [J]. Mathematics and Computers in Simulation, 1978, 20(3):147-158.
- [5] 朱建军. 层次分析法的若干问题研究及应用[D]. 沈阳:东北大学,2005.
- [6] 孙利娟,邢小军,周德群. 熵值赋权法的改进[J]. 统计与决策, 2010(21):153-154.
- [7] Hwang C L, Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- [8] 张目,周宗放. 一种基于联系度的改进TOPSIS法[J]. 系统工程,2008,26(8):102-107.
- [9] 倪九派,李萍,魏朝富,等. 基于AHP和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J]. 农业工程学报,2009,25(5):202-209.
- [10] 万影. 基于熵权和改进的AHP法的房地产投资风险评价[J]. 华东交通大学学报,2009,26(6):119-123.
- [11] 陈婷婷,宋永发. 基于AHP-TOPSIS的地铁车站施工方案比选[J]. 工程管理学报,2012,26(2):33-36.
- [12] 徐泽水. 关于层次分析中几种标度的模拟评估[J]. 系统工程理论与实践,2000,20(7):58-62.

Research on the optimal selection model of rockfill dam type and evaluation method

Chen Yongxing^{1,2}, Chang Haotian¹, Lu Wenyan¹, Ren Bingyu¹

(1. State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. Hydro China Beijing Engineering Corporation, Beijing 100024, China)

[Abstract] Optimal selection of dam type is a complicated decision-making problem. It needs not only the experienced experts familiar with practical engineering, but also objective decision analysis technology. Comprehensively analyzing various factors affecting the rockfill dam type selection, a hierarchical structure model is established. Considering the defects of AHP method and Entropy method in confirming weight, the two methods are combined together to calculate integrated weight. Then this model is solved using TOPSIS method. Finally the optimum scheme of dam type is obtained. The practical application shows that this method is easy and the results are reliable. It can provide support for making decisions in optimal selection of rockfill dam type.

[Key words] rockfill dam; AHP method; Entropy method; TOPSIS method; optimal selection of dam type