

DOI:10.13476/j.cnki.nsbdkj.2019.0128

江新,胡亦文,李炜,等. 施工企业视角下水电项目群资源冲突风险评价及预测[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(5):202-208. JIANG X, HU Y W, LI W, et al. Risk assessment and prediction of resource conflict in hydropower engineering programs from the perspective of construction enterprise[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2019,17(5):202-208. (in Chinese)

施工企业视角下水电项目群资源冲突风险评价及预测

江新^{1,2}, 胡亦文¹, 李炜¹, 胡文佳¹, 陈瑶¹, 郑霞忠^{1,2}

(1 三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002;

2 三峡大学 湖北省水电工程施工与管理重点实验室, 湖北 宜昌 443002)

摘要:水电工程项目群建设过程中风险管理是一个多方合作联合供应的复杂系统,其中资源冲突是施工企业风险管理过程中最为关键的风险。针对资源冲突风险的复杂性和不确定性,引入集对分析理论,提出基于五元联系数的水电工程项目群资源冲突风险评价及预测模型。根据水电工程项目群资源冲突特征建立资源冲突风险评价体系,通过熵权法估计各评价指标权重,运用五元联系数建立同异反风险评价预测模型进行静态风险评价,用偏联系数动态预测风险发展趋势。以某河流域干流上游河段的水电站为例,运用模型进行分析。结果表明,该水电站资源冲突风险等级较低,整体上呈现风险逐渐降低的趋势,但其中各子风险呈现波浪式的发展趋势,与实际情况相符,验证了该模型的可行性。

关键词:水电项目群;资源冲突;集对分析;五元联系数;风险评价

中图分类号:TV512 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Risk assessment and prediction of resource conflict in hydropower engineering programs from the perspective of construction enterprise

JIANG Xin^{1,2}, HU Yiwen¹, LI Wei¹, HU Wenjia¹, CHEN Yao¹, ZHENG Xiazhong^{1,2}

(1. College of Hydraulic & Environmental Engineering, Three Gorges University, Yichang 443002, China; 2. Hubei Key Laboratory of Construction and Management in Hydropower Engineering, Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: Risk management in construction of hydropower engineering project is a complex system of multi-party cooperation and supply, in which resource conflict is the key jeopardy in the risk management process of construction enterprises. Aiming of the complexity and uncertainty of resource conflict risk of hydropower engineering programs, the set pair analysis theory was introduced, and a model for risk assessment and prediction of hydropower engineering programs resource conflict based on five-element connection number was proposed. According to the resource conflict characteristics of hydropower engineering programs, the resource conflict risk evaluation system was established. The entropy weight method was used to estimate the weight of each evaluation index. The static risk evaluation model of identical, different, and counter risk evaluation was established by using five-element connection number, and the development trend of risk was predicted by partial connection number. The hydropower station in the upstream section of the main stream of a river basin is used as an example in the model for analysis purpose. The results show that the resource conflict risk level of the hydropower station is low, and the overall risk

收稿日期:2019-01-15 修回日期:2019-06-10 网络出版时间:2019-06-24

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20190620.1650.002.html>

基金项目:长江科学院开放研究基金(CKWV2016382/KY);国家自然科学基金(51878385)

作者简介:江新(1966—),男,安徽寿县人,教授,主要从事工程项目群管理、系统决策理论及安全评价等方面的研究。E-mail:1003576809@qq.com

通信作者:胡亦文(1994—),女,湖北潜江人,主要从事工程项目管理方面研究。E-mail:237425733@qq.com

is gradually decreasing, but each sub-risk presents a wave-like development trend, which is consistent with the actual situation, and verifies the feasibility of the model.

Key words: hydropower engineering programs; resource conflict; set pair analysis; five-element connection number; risk assessment

随着水电开发建设的持续发展,我国西南地区各大江河流域水电梯级开发呈方兴未艾之势。目前,多流域已逐步形成水电项目梯级开发群,如十三大水电基地之一的金沙江的龙盘、乌东德、白鹤滩和溪洛渡等水电站。多项目组合集群化、项目之间资源共享、各项目利益主体紧密关联,已经成为水电建设的必然趋势。水电工程项目群作为一种单项目组合系统,其风险更为复杂多变。由于建设企业资源有限,而施工作业繁多,导致项目群系统内资源紧张、竞争激烈。在这样的环境下,资源管理的难度和重要度同时增加。如果资源调配不当,将会造成部分资源过剩、资源短缺甚至资源闲置的情况。资源的合理供应是工程项目能否按时按质完成的重要保障,资源冲突更会给项目带来恶劣的影响。

为管控资源冲突风险,提高资源合理调配效率,国内外学者开展了不少相关研究。Hossu等^[1]为协作各利益相关者之间资源管理工作,消除资源冲突和自然资源管理争端,通过四个案例分析表明积极的后果激励对促进资源管理是必要的;Suh等^[2]根据实际员工样本数据,运用结构方程模型分析出资源损失和负面情绪是导致工作与生活冲突的主要原因;Li等^[3]通过分析总结协同工作中不可避免遇到的时间冲突、质量冲突和资金冲突等给出了资源冲突和资源利用的标准化概念,并建立了资源调度和冲突解决模型;Zeng等^[4]提出了资源冲突检测方法和资源时间限制下应急响应过程的消除策略,获得了每个活动的最早时间和该过程的理想执行时间;黄健仓^[5]建立受时间、资源约束的数学模型,运用自适应遗传算法,求解资源约束下的建设企业多项目管理中项目时间最优化问题;刘纪俭等^[6]建立资源管理和资源冲突两种模型,解决了地铁运营施工作业过程中的资源冲突问题,提高了地铁施工的效率 and 可靠性。

水电工程项目群受多重因素影响,具有动态属性,但现有成果缺乏从系统角度动态分析与评价水电工程项目群资源冲突风险水平与发展趋势的研究。因此,本文将通过考虑评价指标存在的相互关联性特点,基于施工现场实地调研,建立水电工程项目群资源冲突风险指标体系,运用熵权法计算权重,

借鉴集对分析理论进行风险评价,运用偏联系数动态分析资源冲突风险发展趋势,用以实现施工企业对水电工程项目群资源冲突风险的静态和动态分析。

1 水电工程项目群资源冲突风险

工程项目群资源冲突是指大型工程项目群施工过程中,各项目利益体竞争施工企业有限的人力、资金、时间、设备等资源引发的冲突^[7]。水电工程项目群由于建设周期漫长,施工标段多,在整个建设过程中都面临着资源的不合理调配。在水电工程项目群建设期内,新旧项目时有增加或退出,导致资源在这个过程中逐渐演化为动态风险和不确定性风险^[8]。

按照资源的类型将资源冲突风险分为人力资源冲突风险、材料设备资源冲突风险、项目资金资源冲突风险、组织管理资源冲突风险、作业环境资源冲突风险^[3,9,10]。各资源冲突风险表现形式是多样性的,有直接的冲突形式,也有隐形的冲突形式。人力资源冲突的表现形式体现在施工人员和管理人员数量的短缺、素质低下以及管理者对人员的调度不合理等方面;材料设备资源冲突表现形式体现在投入生产的材料设备数量不足和质量不合格以及供需不匹配等;项目资金资源冲突表现形式体现在资金供应短缺周转困难、项目群管理者对资金的分配失调等;组织管理资源冲突表现形式体现在项目群的组织结构不合理职能混乱、项目群管理者和各利益方主体之间的信息不对等、管理者的指令无法准确传达等;作业环境资源冲突表现形式体现在多项目同时施工,工序冲突、作业空间交叉影响,交通运输拥挤等。

2 集对分析的基本理论

2.1 集对分析与联系度

集对是指具有一定联系的两个集合(如集合 A 和集合 B)组成的系统(以 $H=(A,B)$ 表示集对),集对分析即是对系统的确定性和不确定性进行数学的分析,包括了对两个集合的特征、状态、结构、趋势和相互关联联系进行的分析^[11]。将水电工程项目群资源调配系统作为一个整体,资源调配系统中存在确定风险、不确定风险及确定的与不确定的风险相

互影响的几种风险状态。

运用集对分析理论解决问题的关键是确立联系度表达式,联系度是一个包含了集合 A 与 B 的所有同异反关系的系统,通常用 μ 来表示。假设对集合 A 与集合 B 组成的集对 $H=(A, B)$ 进行分析, N 为集对 H 中的所有特性数量, S 为集合 A 与 B 共有的特性的个数, P 为集合 A 与 B 相对立的特性的个数, $F=N-S-P$ 是集合 A 与 B 既不共有也不对立的特性的个数。此时,集合 A 与 B 的联系度 U_{AB} 表达式^[12]为

$$U_{AB} = \frac{S}{N} + \frac{F}{N}i + \frac{P}{N}j \quad (1)$$

通常简记为

$$U_{AB} = a + bi + cj \quad (2)$$

式中: a 为同一度; b 为差异度; c 为对立度; a, b, c 属于 $[0, 1]$, a, b, c 满足归一化条件, 有 $a + b + c = 1$; i 为差异度系数, $i \in [-1, 1]$; j 为对立度系数, 规定 $j = -1$ 。

公式(1)是三元联系度的一般表达形式,联系度函数可以根据研究对象的需要有相应的扩充。在实际应用过程中,风险存在不同条件下的确定性和不确定性。因此,将集对分析同异反系数中的差异度 bi 拓展,形成多元联系系数,其一般形式^[13]为

$$U = a + b_1i_1 + b_2i_2 + b_3i_3 + \dots + b_ni_n + cj \quad (3)$$

式(3)为 $n+2$ 元联系系数。

根据实际工程风险状态,常以五元联系系数来反映,即 $n=3$ 。表达式为

$$U = a + b_1i_1 + b_2i_2 + b_3i_3 + cj \quad (4)$$

通常简记为

$$U = a + bi + cj + dk + el \quad (5)$$

其中: $\forall a + b + c + d + e \in [0, 1], a + b + c + d + e = 1, i \in [0, 1]; j \in [0, 0]$ 为中性标记, 不表示 $j = 0$, $k \in [-1, 0]; l = -1$

2.2 偏联系系数

偏联系系数能够反映联系系数同异反状态的动态演变,水电工程项目群资源冲突风险是动态的和模糊的问题,借助五元联系系数将风险特征定量表示,再通过偏联系系数的计算预测两个集合间联系度的走向,

判断不确定性风险趋向“安全”和“危险”的动态发展^[14]。偏联系系数计算步骤如下。

一阶偏联系系数

$$\partial u = \partial a + i\partial b + j\partial c + k\partial d \quad (6)$$

$$\text{式中: } \partial a = \frac{a}{a+b}; \partial b = \frac{b}{b+c}; \partial c = \frac{c}{c+d}; \partial d = \frac{d}{d+e}。$$

二阶偏联系系数

$$\partial^2 u = \partial(\partial u) = \partial^2 a + i\partial^2 b + j\partial^2 c \quad (7)$$

$$\text{式中: } \partial^2 a = \frac{\partial a}{\partial a + \partial b}; \partial^2 b = \frac{\partial b}{\partial b + \partial c}; \partial^2 c = \frac{\partial c}{\partial c + \partial d}。$$

三阶偏联系系数

$$\partial^3 u = \partial^2(\partial u) = \partial^3 a + i\partial^3 b \quad (8)$$

$$\text{式中: } \partial^3 a = \frac{\partial^2 a}{\partial^2 a + \partial^2 b}; \partial^3 b = \frac{\partial^2 b}{\partial^2 b + \partial^2 c}。$$

四阶偏联系系数

$$\partial^4 u = \partial^3(\partial u) = \partial^4 a \quad (9)$$

$$\text{式中: } \partial^4 a = \frac{\partial^3 a}{\partial^3 a + \partial^3 b}。$$

2.3 态势联系系数

态势联系系数又称为集对势,即同一度与对立度的比值,一般用“Shi”表示:

$$U = a + bi + cj (c \neq 0) \quad (10)$$

$$\text{Shi} = a/c$$

$a/c > 1$, 称为集对同势,表明研究对象朝着理想状态发展,即低风险;

$a/c = 1$, 称为集对均势,表明研究对象与理想的状态相均衡,即中风险;

$a/c < 1$, 称为集对反势,表明研究对象背离理想状态发展,即高风险。

当风险处于同势区时,说明风险的现状与理想的状态具有一致性,即风险低,当风险处于均势区时,说明风险的现状与理想状态相比较为均衡,即风险处于中等水平,当风险处于反势区时,说明风险的现状与理想状态具有不一致性,即风险高。

3 资源冲突风险评价模型

3.1 建立评价指标体系

通过对水电工程项目群资源冲突风险分析,建立评价指标体系,结果见表 1。

表 1 水电工程项目群资源冲突风险指标体系

Tab. 1 Hydropower engineering programs resource conflict risk evaluation index system

目标层	准则层	指标层
水电工程项目群资源冲突风险	人力资源冲突风险	人员数量;人员素质;人员协调
	材料设备资源冲突风险	材料设备数量;材料设备质量;供应与需求不匹配
	项目资金资源冲突风险	资金控制;资金供应;当地经济变动
	组织管理资源冲突风险	组织结构;利益相关方管理;信息沟通
	作业环境资源冲突风险	作业工序混乱;作业空间交叉;场地交通拥堵

3.2 确定评语等级集

水电工程项目群资源冲突风险同异反评估模型的构建除了确定风险因素的权重外,还需要建立不安全行为风险的评估准则,也即风险评语集。为了与联系度中的元数相对应,将水电工程项目群资源冲突风险等级划分为5个等级,按照习惯从风险或收益角度将评语集设定为“低风险”、“较低风险”、“中等风险”、“较高风险”、“高风险”。对应的五元联系数 $U=a+bi+cj+dk+el$ 即 $\{a,b,c,d,e\}=\{\text{低风险,较低风险,中等风险,较高风险,高风险}\}$ 。

3.3 评价指标权重的确定

为避免资源分配过程中决策者的主观判断和意图,采用各指标的客观信息,通过统计方法处理而获得客观权重。本文选用客观求权重方法熵权法^[15]。

(1)原始数据标准化处理。原始数据构建评价矩阵,并标准化,记为 $Q=[q_{ij}]_{m \times n}$; q_{ij} 为第 i 个评价对象的第 j 个评价指标的标准化值, $i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$ 。

(2)计算第 j 个评价指标的信息熵 H_i 为

$$H_i = -\frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (11)$$

式中: $f_{ij} = q_{ij} / \sum_{j=1}^m f_{ij}$, 表示每种状态出现的概率; m 为评价对象个数; n 为评价指标的个数。

(3)计算第 j 个评价指标的熵权 w_j 为

$$w_j = \frac{1-H_i}{m - \sum_{j=1}^n H_i} \quad (12)$$

式中: $0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n H_i \leq 1$ 。

3.4 构建风险的同异反评价模型

利用公式 $R_{ij} = N_{ij} / N$ (N_{ij} 为将评估指标 i 归为风险等级 j 的专家人数, N 为评估专家总数) 形成风险因素的评判矩阵 R , 构建如下风险的同异反评价模型为

$$U^* = W \cdot R \cdot E^T = (w_1, w_2, \dots, w_n) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} & R_{15} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} & R_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & R_{n3} & R_{n4} & R_{n5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ i \\ j \\ k \\ l \end{bmatrix} = \sum_{r=1}^n w_r R_{r1} +$$

$$\sum_{r=1}^n w_r R_{r2} i + \sum_{r=1}^n w_r R_{r3} j + \sum_{r=1}^n w_r R_{r4} k + \sum_{r=1}^n w_r R_{r5} l \quad (13)$$

简记为

$$U^* = a+bi+cj+dk+el \quad (14)$$

$$\text{式中: } R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} & R_{15} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} & R_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & R_{n3} & R_{n4} & R_{n5} \end{bmatrix} \text{ 称为标准化}$$

同异反评价矩阵; $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ 为各指标权重向量矩阵; $E=[1 \ i \ j \ k \ l]$ 称为同异反系数矩阵;

$a = \sum_{r=1}^n w_r R_{r1}$ 为同一测量分量, 表示水电工程项目群

资源冲突风险属于低风险程度; $b = \sum_{r=1}^n w_r R_{r2} i, c =$

$\sum_{r=1}^n w_r R_{r2} j, d = \sum_{r=1}^n w_r R_{r4} k, e = \sum_{r=1}^n w_r R_{r4} l$ 分别表示水

电工程项目群资源冲突风险属于较低风险、中等风险、较高风险、高风险。

3.5 风险态势分析

根据前人学者整理的五元联系数中各联系分量 a, b, c, d, e 之间的全部组合关系排序, 将风险划分为不同势级的同势一共 65 级, 从同势 1 级到 65 级同一性逐渐减弱, 即风险增强; 均势共 50 级, 从均势 1+ 到 25+ 系统均势增强, 即风险降低, 从均势 25- 到 1-, 系统均势减弱, 即风险增强; 反势共 65 级, 从 1 到 65 级系统反势减弱, 即风险降低^[16]。受篇幅限制, 表 2 只给出与本文风险评价相关的同势态势表。

表 2 五元联系数同势态势

Tab. 2 Table of five element connection number

a, b, c, d, e 之间的关系	势级
$a < e \ a < b \ b < c \ c > d \ d > e$	3
$a > e \ a > b \ b > c \ c < d \ d > e$	7
$a > e \ a > b \ b = c \ c > d \ d > e$	10
$a > e \ a > b \ b = c \ c < d \ d < e$	18
$a > e \ a > b \ b < c \ c > d \ d > e$	19
$a > e \ a > b \ b < c \ c > d \ d < e$	21
$a > e \ a > b \ b < c \ c < d \ d > e$	25
$a > e \ a < b \ b > c \ c > d \ d > e$	47
$a > e \ a < b \ b > c \ c > d \ d < e$	49
$a > e \ a < b \ b < c \ c > d \ d = e$	62

4 应用实例

以某河流流域干流上游河段的水电站为例, 运用五元联系数对其资源冲突风险进行综合评价, 并对其风险发展趋势进行预测。该工程项目群包含了 3 个工程项目, 各工程项目均有不同施工坝段的划分, 每个施工坝段有单独的施工方及施工合同, 其中的资源供给与分配存在着错综复杂的关联影响。

4.1 熵权法计算权重

根据实际信息熵值,求得各风险评价指标熵权重为 $W = \{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5\} = (0.133\ 3, 0.239\ 7, 0.159\ 6, 0.272\ 8, 0.194\ 6)$, $w_1 = (0.024\ 8, 0.053\ 2, 0.055\ 3)$, $w_2 = (0.090\ 4, 0.108\ 0, 0.041\ 4)$, $w_3 = (0.037\ 1, 0.043\ 4, 0.079\ 1)$, $w_4 = (0.100\ 9, 0.111\ 7, 0.054\ 9)$, $w_5 = (0.052\ 3, 0.080\ 5, 0.061\ 7)$ 。

4.2 风险联系系数与集对势计算

首先,邀请 10 位从事水利水电工程项目管理工作的项目(群)经理、资源管理人员、施工管理人员的专家,对资源冲突风险评价指标体系中的风险发生水平进行“低、较低、中等、较高、高”5 级评价,即对该风险发生的严重程度做出评价。将各专家评分结果建立的数据代入式(13)~(14),分别计算出各风险指标的五元联系系数。在此基础上,运用式(6)~(9)对各五元联系系数进行各阶偏联系系数运算,计算出各风险指标的联系数值和集对势,结果见表 3。表中的现状五元联系系数,即为专家对该水电站风险严重程度和发生概率进行综合估计后的原始数据源,各阶偏联系系数即为该水电站的资源冲突风险发展趋势预测。

4.3 计算结果分析

4.3.1 风险评价

综合后水电工程项目群资源冲突风险总的五元同异反联系系数为: $0.24 + 0.19i + 0.23j + 0.18k + 0.16l$, 即 $a = 0.24, b_1 = 0.19, b_2 = 0.23, b_3 = 0.18, c = 0.16$, 其联系势为 $shi(H) = a/c = 1.04$, 为同势区 19 级, 风险较小。其中人力资源冲突风险, 为同势 49 级; 项目资金资源冲突风险, 为反势 36 级; 材料设备资源冲突风险, 为同势 25 级; 组织管理资源冲突风险, 为同势 10 级, 作业环境资源冲突风险, 为同势 21 级。在人力资源冲突风险中, 人员协调为反势 21 级, 人员数量、人员素质分别为同势 3 级、21 级; 项目资金冲突风险中, 资金控制为同势 47 级, 资金供应均势 12+ 级, 当地经济变动为反势 7 级; 材料设备资源冲突风险中, 材料设备数量为同势 7 级, 材料设备质量同势 25 级, 供应与需求不匹配为同势 25 级; 组织管理资源冲突风险中, 组织结构、利益相关管理、信息沟通分别为同势 19、62、1 级; 作业环境资源冲突风险中, 作业工序混乱、作业空间交叉、场地交通拥堵分别为同势 3、18、21 级。

表 3 风险联系系数调查及计算
Tab. 3 Risk connection number investigation and calculation

评价对象	评价项目	权重	现状五元联系系数					态势	一阶趋势联系系数	态势
			低	较低	中等	较高	高			
人力资源冲突风险 0.133 3	人员数量	0.186 0	0.32+0.23i+0.15j+0.10k+0.20l	同势	0.58+0.61i+0.60j+0.33k	同势				
	人员素质	0.399 1	0.22+0.20i+0.23j+0.15k+0.20l	同势	0.52+0.47i+0.61j+0.43k	同势				
	人员协调	0.414 9	0.13+0.23i+0.22j+0.25k+0.17l	反势	0.36+0.51i+0.47j+0.60k	反势				
	合计	1.000 0	0.20+0.22i+0.21j+0.18k+0.19l	同势	0.48+0.51i+0.54j+0.49k	反势				
项目资金资源冲突风险 0.239 7	资金控制	0.377 0	0.17+0.27i+0.26j+0.19k+0.11l	同势	0.39+0.51i+0.58j+0.63k	反势				
	资金供应	0.450 4	0.20+0.10i+0.30j+0.20k+0.20l	均势	0.67+0.25i+0.60j+0.50k	同势				
	当地经济变动	0.172 6	0.10+0.16i+0.25j+0.21k+0.28l	反势	0.38+0.39i+0.54j+0.43k	反势				
	合计	1.000 0	0.17+0.17i+0.28j+0.20k+0.18l	反势	0.50+0.39i+0.58j+0.52k	反势				
材料设备资源冲突风险 0.159 6	材料设备数量	0.232 5	0.25+0.20i+0.19j+0.23k+0.13l	同势	0.56+0.51i+0.45j+0.64k	反势				
	材料设备质量	0.271 9	0.38+0.10i+0.21j+0.22k+0.20l	同势	0.79+0.32i+0.51j+0.65k	反势				
	供应与需求不匹配	0.495 6	0.26+0.12i+0.20j+0.22k+0.20l	同势	0.68+0.38i+0.48j+0.52k	同势				
	合计	1.000 0	0.29+0.13i+0.20j+0.22k+0.16l	同势	0.69+0.40i+0.48j+0.58k	同势				
组织管理资源冲突风险 0.272 8	组织结构	0.369 9	0.27+0.21i+0.22j+0.20k+0.10l	同势	0.56+0.49i+0.52j+0.67k	反势				
	利益相关管理	0.428 9	0.22+0.23i+0.25j+0.15k+0.15l	同势	0.49+0.48i+0.63j+0.50k	反势				
	信息沟通	0.201 2	0.32+0.26i+0.23j+0.11k+0.08l	同势	0.55+0.53i+0.68j+0.58k	反势				
	合计	1.000 0	0.26+0.23i+0.23j+0.16k+0.12l	同势	0.53+0.49i+0.59j+0.58k	反势				
作业环境资源冲突风险 0.194 6	作业工序混乱	0.268 8	0.35+0.22i+0.16j+0.11k+0.16l	同势	0.61+0.58i+0.59j+0.41k	同势				
	作业空间交叉	0.413 7	0.30+0.15i+0.15j+0.18k+0.22l	同势	0.67+0.50i+0.45j+0.45k	同势				
	场地交通拥堵	0.317 1	0.25+0.12i+0.25j+0.18k+0.20l	同势	0.68+0.32i+0.58j+0.47k	同势				
	合计	1.000 0	0.30+0.16i+0.18j+0.16k+0.20l	同势	0.65+0.46i+0.53j+0.45k	同势				
对象总合计	1.000 0	0.24+0.19i+0.23j+0.18k+0.16l	同势	0.57+0.45i+0.55j+0.53k	同势					

续表

评价对象	评价项目	二阶趋势联系系数	态势	三阶趋势联系系数	态势	四阶趋势联系系数	态势
人力资源冲突风险 0.133 3	人员数量	$0.49+0.50i+0.64j$	反势	$0.49+0.44i$	同势	0.53	同势
	人员素质	$0.53+0.43i+0.59j$	反势	$0.55+0.43i$	同势	0.56	同势
	人员协调	$0.41+0.52i+0.44j$	反势	$0.44+0.54i$	反势	0.45	反势
	合计	$0.49+0.49i+0.52j$	反势	$0.50+0.48i$	同势	0.51	同势
项目资金资源冲突风险 0.239 7	资金控制	$0.43+0.47i+0.48j$	反势	$0.48+0.50i$	反势	0.49	反势
	资金供应	$0.73+0.29i+0.55j$	同势	$0.71+0.35i$	同势	0.67	同势
	当地经济变动	$0.50+0.42i+0.56j$	反势	$0.54+0.43i$	同势	0.56	同势
	合计	$0.56+0.40i+0.53j$	同势	$0.58+0.43i$	同势	0.58	同势
材料设备资源冲突风险 0.159 6	材料设备数量	$0.52+0.53i+0.41j$	同势	$0.49+0.56i$	反势	0.47	反势
	材料设备质量	$0.71+0.39i+0.44j$	同势	$0.65+0.47i$	同势	0.58	同势
	供应与需求不匹配	$0.65+0.44i+0.48j$	同势	$0.59+0.48i$	同势	0.55	同势
	合计	$0.63+0.45i+0.45j$	同势	$0.58+0.50i$	同势	0.54	同势
组织管理资源冲突风险 0.272 8	组织结构	$0.54+0.48i+0.44j$	同势	$0.53+0.52i$	同势	0.50	均势
	利益相关管理	$0.51+0.43i+0.56j$	反势	$0.54+0.44i$	同势	0.55	同势
	信息沟通	$0.51+0.44i+0.54j$	反势	$0.54+0.45i$	同势	0.54	同势
	合计	$0.52+0.45i+0.51j$	同势	$0.53+0.47i$	同势	0.53	同势
作业环境资源冲突风险 0.194 6	作业工序混乱	$0.51+0.49i+0.59j$	反势	$0.51+0.45i$	同势	0.53	同势
	作业空间交叉	$0.57+0.52i+0.50j$	同势	$0.52+0.51i$	同势	0.51	同势
	场地交通拥堵	$0.68+0.36i+0.55j$	同势	$0.65+0.39i$	同势	0.62	同势
	合计	$0.58+0.46i+0.54j$	同势	$0.56+0.46i$	同势	0.55	同势
对象总合计	$0.56+0.45i+0.51j$	同势	$0.55+0.47i$	同势	0.54	同势	

从风险态势来说,该水电工程项目群资源冲突风险中 12 个指标处于同势区,1 个指标处于均势区,2 个指标处于反势区,同势区指标占据风险系统中的主导地位,即该水电工程项目群的总体资源冲突风险较低。

4.3.2 风险预测

综合后的一阶趋势联系系数为: $0.57+0.45i+0.55j+0.53k$,由于 $0.57>0.53$,处于同势区,说明该水电工程项目群资源冲突风险存在下降趋势。

综合后的二阶趋势联系系数为: $0.56+0.45i+0.51j$, $0.56>0.51$,处于同势区,说明该水电工程项目群资源冲突风险存在下降趋势。

综合后的三阶趋势联系系数为: $0.55+0.47i$,其不确定势为 $shi(H)=a/b=1.17$,即 $a>b$,风险具有下降趋势。

综合后的四阶趋势联系系数为:0.54,这表明 $a/(a+b)>0.5$,即 $a>b$ 。因此,该水电工程项目群资源冲突风险同势大于风险不确定势,该水电工程项目群资源冲突风险存在下降趋势。

由以上分析可知,该水电工程项目群的资源冲突风险整体上呈现逐渐下降趋势,但其中的人力资源冲突风险、项目资金资源冲突风险、管理资源冲突

风险在全过程中呈现同中有反、反中有同的波浪状变化趋势,说明管理者不可因整体风险态势放松风险警惕。通过对资源冲突的动态趋势分析,使管理者可以在不同阶段有针对性的进行风险控制,有效规避各资源冲突风险的发生。

5 结论

(1)以施工企业的角度分析水电工程项目群的特点,按照资源冲突风险的类别,建立风险评价指标体系,运用熵权法能够合理解决资源逐层调配过程中主观利益影响,为五元联系数模型的建立提供准确客观的权重基础。

(2)以集对分析理论为基础,运用五元联系数建立水电工程资源冲突风险评价预测模型。通过五元联系数对资源冲突风险进行静态评价,并进一步运用偏联系数和集对势分析预测系统整体风险趋势及子风险的发展趋势,结合静态与动态分析的特点,全面分析了风险变动的全过程,让施工企业可以更好地采取预防措施,使风险降到最小。

参考文献(References):

- [1] HOSSU C A, IOJA I C, SUSSKIND L E, et al. Factors

- driving collaboration in natural resource conflict management: Evidence from Romania[J]. *Ambio*, 2018, 47(7): 816-830. DOI: 10. 1007/s13280-018-1016-0.
- [2] SUH, YONGWON. The effect of work-life conflict on organizational commitment and counterproductive work behaviors: The mediating effect of resource loss and negative emotion[J]. *The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 2018, 31(3): 583-609.
- [3] LI K, ZHAO K, LI S. A concept-ontology-based model for resource conflict and task scheduling in concurrent engineering[J]. *Concurrent Engineering-Research And Applications*, 2017, 25(2): 163-173. DOI: 10. 1177/1063293X16673133.
- [4] ZENG Q T, LIU C, DUAN H. Resource conflict detection and removal strategy for nondeterministic emergency response processes using Petri nets [J]. *Enterprise Information Systems*, 2016, 10(7): 729-750. DOI: 10. 1080/17517575. 2014. 986215.
- [5] 黄健仓. 建设企业多项目管理中的资源调度问题研究[J]. *中国软科学*, 2016(1): 176-183. (HUANG J C. Resource scheduling in multi-project management for infrastructure enterprises[J]. *China Soft Science*, 2016(1), 176-183. (in Chinese))
- [6] 刘纪俭, 沈小兵. 基于地铁运营施工管理系统的资源冲突管理系统实现路径[J]. *城市轨道交通研究*, 2014, 17(7): 85-88. (LIU J J, SHEN X B. Realization of resource conflict management system based on construction management in metro operation[J]. *Urban Mass Transit*, 2014, 17(7), 85-88. (in Chinese)) DOI: 10. 16037/j. 1007-869x. 2014. 07. 018.
- [7] 高峰. 大型建设工程项目资源冲突机理及其管理方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2014. (GAO F. Research on the large-scale construction project resource conflict management [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture & Technology, 2014. (in Chinese)).
- [8] 江新, 朱沛文, 徐平, 等. 国际水电工程项目群资源冲突风险测度研究[J]. *长江科学院院报*, 2015, 32(12): 144-149. (JIANG X, ZHU P W, XU P. et al, Research on risk measurement of resource conflicts in international hydropower project group[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2015, 32(12), 144-149. (in Chinese)) DOI: 10. 11988/ckyyb. 20150488.
- [9] SHIMON ZEIERMAN, JOSEPH Z, BEN-ASHER. The project manager, systems engineer and the conflict over project resources [J]. *INCOSE International Symposium*, 2016, 26(1): 58-73. DOI: 10. 1002/j. 2334-5837. 2016. 00145. x.
- [10] LIU C, CHENG J J, WANG Y R, et al. Time performance optimization and resource conflicts resolution for multiple project management [J]. *Ieice Transactions On Information And Systems*, 2016, E99D(3): 650-660. DOI: 10. 1587/transinf. 2015EDP7397.
- [11] 谢力, 魏汝祥, 孙胜祥, 等. 舰船装备维修费单项预测集对分析与组合建模[J]. *系统工程与电子技术*, 2017, 39(10): 2264-2269. (XIE L, WEI R X, SUN S X. et al, Individual forecast set pair analysis and combination modeling of ship equipment maintenance cost[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2017, 39(10): 2264-2269. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-506X. 2017. 10. 16.
- [12] 赵克勤, 宣爱理. 集对论——一种新的不确定性理论与应用[J]. *系统工程*, 1996(1): 18-23, 72. (ZHAO K Q, XUAN A L. Set pair theory: a new theory method of non-define and its applications [J]. *Systems Engineering*, 1996(1): 18-23, 72. (in Chinese))
- [13] 周兴慧, 张吉军. 基于五元联系数的风险综合评价方法及其应用[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(8): 2169-2176. (ZHOU X H, ZHANG J J. Risk comprehensive evaluation method and its application based on the five-element connection number [J]. *Journal of Systems Science and Information*, 2013, 33(8): 2169-2176. (in Chinese))
- [14] 施志坚, 王华伟, 王祥. 基于多元联系数集对分析的航空维修风险态势评估[J]. *系统工程与电子技术*, 2016, 38(3): 588-594. (SHI Z J, WANG H W, WANG X. Risk state evaluation of aviation maintenance based on multiple connection number set pair analysis [J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2016, 38(3): 588-594. (in Chinese)) DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-506X. 2016. 03. 18.
- [15] 李宛谕, 黄显峰, 阎玮, 等. 基于组合权重云模型的调水工程洪水资源利用风险评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2018, 16(5): 57-65. (LI W Y, HUANG X F, YAN W. et al, Risk assessment of flood resources utilization in water transfer project based on combined weight and cloud model [J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2018, 16(5): 57-65. (in Chinese)) DOI: 10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2018. 0125.
- [16] 马瑞. 基于集对分析的 PPP 项目成功率评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2016. (MA R. A study on success evaluation method of PPP projects based on set-pair-analysis [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2016. (in Chinese))