

# 基于工程模糊集理论的水利工程施工导流探索

戚爱军

(青州市弥河管理局, 山东 青州 262500)

**【摘要】** 施工导流不仅是一项风险工程,也是施工过程中的一项关键环节。在现实生活中进行施工导流工程的风险计算时,受到了许多模糊因素和随机性因素的影响,使得水利工程施工过程中有许多困难。因此,把握好施工的关键点,综合考虑各个方面的不确定性,如水力、数据、水文等,相当重要。本文结合水利工程实际,探讨了工程模糊集理论在水利工程领域的引用问题。

**【关键词】** 水利施工导流;风险率;工程模糊集

中图分类号: TV511

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)07-0038-03

## Exploration of water conservancy engineering construction diversion based on engineering fuzzy set theory

CHENG Aijun

(Qingzhou Mihe River Administration, Qingzhou 262500, China)

**Abstract:** Construction diversion belongs to both an risky project and a key link in construction. Risk calculation of construction diversion engineering in real life is affected by many fuzzy factors and random factors. Many difficulties are produced in water conservancy project construction. Therefore, it is quite important to grasp the key points of construction and consider the uncertainty in all aspects comprehensively, such as water, data, hydrology, etc. In the paper, practical condition of water conservancy engineering is combined to discuss the reference of engineering fuzzy set theory in the field of water conservancy engineering.

**Keywords:** water conservancy construction diversion; risk rate; engineering fuzzy set

## 1 前言

中国各流域水能资源蕴藏量较大,约为 6.8 亿 kW,水能资源较为丰富,且可开发的水能资源装机容量约 3.8 亿 kW。与世界其他国家相比,中国水能资源蕴藏量与可开发利用量均排在第一位。显然充分利用水能资源对中国经济、社会发展具有明显的优势,同时也起到至关重要的作用。改革开放 30 多年,中国经济得到了飞速发展,在此大环境下,与开发水能资源相匹配的水利水电工程建设项目也日益蓬勃发展,在水利水电工程建设上,新的理论、方法和技术经

验得到了不断的发展和应用,体现在规划、设计、施工与管理的各个环节中。水利施工导流工程作为整个水利工程大系统建设项目的一个重要组成子系统,对整个水利水电工程产生很大影响,所以对其进行理论、方法与技术的研究和实践得到了学者们广泛的关注。

## 2 相关理论分析

### 2.1 工程模糊集简介

模糊性是模糊集合论中一个最基本的概念。在现实生活中的应用已较为全面,其新颖的思维和解决问题的方式已经渗透到了许多领域。陈守煜教授指出

“经典模糊集合论对模糊性概念没有数学定义,概括性地表述为‘模糊性的根源在于客观事物的差异之间存在着中介过渡的亦此亦彼性’”<sup>[1]</sup>。其指出了模糊性的基本特点,但并没有明确限定客观事物的差异。这是因为事物存在中介性的必要条件差异,但差异并不是其充要条件,即事物间的差异并不一定具有中介性。相互差异的事物必须具有某种本质上共同的维,即共维,而在中介的过渡时期呈现出“以此亦彼”性称为模糊性。因此,在工程模糊集理论也是这样的,而今工程模糊集理论在水工、环境等许多领域中已经得到了广泛的应用,但是还是有待进一步的探索。

## 2.2 相对隶属度理论

以隶属程度来描述中介过渡,以精确的数学语言对模糊概念事物、现象的表述,即经典模糊集理论,这是一种科学的表述方式。在札德建立的模糊集合中关于隶属度、隶属函数的概念,认为在哲学上存在着绝对化和唯一化,即静态化的缺点。因其未考虑模糊概念事物、现象在处于中介过渡阶段变化过程中的本质特征。

## 2.3 水利工程施工导流风险分析

导致水利施工导流风险的因素有很多,对于各种风险因素,可分为水文不确定因素、水力不确定因素和其他不确定因素。

### 2.3.1 水文不确定性因素

水文系统研究采用自然环境下水的运动、分布、变化过程,及其循环规律,通常以流域或区域作为研究对象,即其降雨、积雪的情况和地下水、蒸散发、大气水运动的变化,还有连接地表水和地下径流的土壤水状况等。通常采用随机分析法、模糊分析法和灰色分析法来处理各种不确定因素。一般在施工中将这三种分析方法结合起来,即采用所谓的耦合途径,全面、客观地统一考虑多种不确定性因素。

### 2.3.2 水力不确定因素

水力不确定性是指导致水流的流态出现差异和渗流形态转变而导致水利施工导流建筑物或主体建筑物出现危险的不确定性因素。一般主要有:①水力参数的不确定性。如众所周知的印度尤哇导流明渠的设计,当设计师算出其糙率为 $n = 0.036$ ,但是在实际施工过程中却是 $n = 0.026 - 0.029$ ,还有中国葛洲坝导流明渠的设计,设计师算出 $n = 0.035 - 0.040$ ,但真正的施工过程中却是 $n = 0.025 - 0.030$ 。由此可知水力参数的不确定性因素在很大程度上决定了水力的不确定性;②导流建筑物结构尺寸受计划与实操影响产生的

不确定性。在实际施工操作中,导流建筑物结构的实际尺寸和设计尺寸的大小存在着些许误差,因为存在人为原因、机械原因;③水利施工导流模型在实操中存在不确定性。设计导流建筑物时,应先设计多组数据,然后根据实际情况选择出最佳方案。但是在选择过程中通过计算公式导出的还是会存在些许偏差,这就是水力模型的不确定性。

由于水利施工导流工程自身具有的模糊性和随机性等,肯定会存在许多不确定性因素,如测量数据偏差导致库水位、泄流量误差等。

## 3 工程案例及分析

一个小型水电站厂房扩建工程,初期方案是厂房采用钢筋混凝土结构建造。根据水电站厂房所在位置的地形、地质、水文和水力等因素,联系厂房建设的成本和工期等要求,暂时制定了如表1所示的几种施工导流方案。方案I选用的是厂房建设第一汛期厂房挡水度汛的方案;方案II采用的是全年挡水度汛的方案;方案III是第一汛期过流度汛方案;方案IV选用的是第二汛期度汛方案。在这项工程中,并不能将施工的工程难度用标准的数字来进行量化,只能定性分析,将工程的各方面要求包括成本、工期、施工导流的必要性和临时性工程的重要性等因素综合加以考虑,将整个工程划分为比较精确的几种难易程度等级,从而避免出现偏差。可以利用工程模糊集的理论应用在此案例中,来选出这四种方案中最合理的一种。

表1 施工导流备选方案

序号	费用排序	工期	风险率模糊值	工程难易度
I	0.6089	38.49	0.372	困难
II	0.5165	40.52	0.461	容易
III	0.5767	47.48	0.378	很容易
IV	0.4121	40.48	0.349	很困难

利用两极比例法可以将表1中的施工难易程度转化成定量指标,由此可以得出关于上述指标特征值的决策理想矩阵 $X$ 。

$$X = \begin{bmatrix} 0.6089 & 0.5165 & 0.5767 & 0.4121 \\ 38.49 & 40.52 & 47.48 & 40.48 \\ 0.372 & 0.461 & 0.378 & 0.349 \\ 0.3 & 0.7 & 0.9 & 0.1 \end{bmatrix}$$

对于此案例中的施工导流经费、厂房施工工期、施工导流风险率和整个水电站厂房施工的难易程度等因素,将上述指标进行权重分配是非常困难的。早期进行指标权重分配工作采用的方法是事先咨询相关领域

的专家,这在当时环境下是比较便利和稳妥的做法。当前施工导流工程主要采用的是层次分析法,主要选用数学理论模型和专家知识储备相结合的方式,有效避免了早期专家咨询法的程序冗杂、调研周期长等缺点。其中工程模糊集权重比较法是中国学者在工程模糊集研究中建立的一种新型权重分析方法,这种方法更符合人们的思想逻辑,具有很强的操作性和便利性,当前在中国的多个领域都得到了很好的应用。可以运用工程模糊集权重比较法,可以将上述指标进行重要性排序,得到的矩阵是:

$$X = \begin{bmatrix} 0.5 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.5 & 1.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

经过反复检验可知,二元权重比较矩阵可以满足矩阵排序的一致传递性。从上面关于指标重要性的矩阵  $F$  排序可以看出,指标权重排序依次为施工导流经费、施工工期、施工风险率和施工难易程度指标。同时,根据需要选出的理想指标,将上述各项指标标准值的评价标准划分为如表 2 所示的几个等级。

表 2 施工导流方案指标评价标准

序号	费用排序	工期	风险率模糊值	工程难易度
I	0.6089	38.49	0.372	1.0
II	0.5165	40.52	0.461	0.9
III	0.5767	47.48	0.378	0.7
IV	0.4121	40.48	0.349	0.5
V	0.4811	44.48	0.426	0.3
VI	0.4459	46.00	0.448	0.1
VII	0.4016	47.52	0.459	0

根据表 2 可以得出施工导流方案中各项指标的标  
准值矩阵  $Y$ :

$$Y = \begin{bmatrix} 0.6089 & 0.5165 & 0.5767 & 0.4121 & 0.4811 & 0.4459 & 0.4016 \\ 38.49 & 40.52 & 47.48 & 40.48 & 11.48 & 46.00 & 47.52 \\ 0.372 & 0.461 & 0.378 & 0.349 & 0.426 & 0.448 & 0.459 \\ 0.3 & 0.7 & 0.9 & 0.1 & 0.3 & 0.1 & 0.0 \end{bmatrix}$$

同时利用评价级别指标与模糊子集的相对隶属度  
函数  $r$ :

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & (x_{ij} \geq y_{ic}) \\ \frac{y_{ic} - x_{ij}}{y_{ic} - y_{il}} & (y_{il} \leq x_{ij} < y_{ic}) \\ 1 & (x_{ij} \leq y_{il}) \end{cases}$$

可以将上述矩阵  $X$ 、 $Y$  分别转化为指标特征值的  
相对隶属矩阵和指标标准值的相对隶属矩阵  $R$ 、 $S$ 。继

而,运用工程模糊集理论对上述指标进行优选决策,可  
以得到厂房施工导流工程的相对隶属度矩阵  $U$ 。

$$U = \begin{bmatrix} 0.6568 & 0.0609 \\ 0.2209 & 0.1209 \\ 0.0629 & 0.2608 \\ 0.0279 & 0.2961 \\ 0.0152 & 0.1409 \\ 0.0098 & 0.0715 \\ 0.0066 & 0.0401 \end{bmatrix}$$

同时,运用待评价的级别特征值矩阵公式可以得  
出针对上述各项指标的级别特征值,如表 3 所示。

表 3 小型水电站厂房施工导流方案级别特征值

方案	I	II	III	IV
特征值	1.5800	3.7281	3.6269	4.5595

从表 3 中可以看出,方案 I 相比其他几种方案级  
别更高,适用性和可操作性更好,具有更加明显的施工  
优势,所以方案 I 属于比较理想的施工导流方案。

## 4 总 结

水利施工导流方案的选择直接对施工导流工程的  
费用和工期产生比较大的影响,同时也决定整个工程  
的施工难度和风险的大小。现实生活中进行施工导流  
工程的风险计算时,受到了许多模糊因素和随机性因  
素的影响,使得水利工程施工过程中有许多困难。本  
文在简单阐述了工程模糊理论的基础上,对水利工程的  
施工风险在水文和水力方面进行了深度分析,并结  
合现实中的实例做出了基于工程模糊集理论下的水利  
工程施工导流探索。◇

## 参考文献

- [1] 沈自娟,刘敏. 试论水利工程中的施工导流技术应用[J]. 工程科技,2013(7).
- [2] 周邑. 水利工程施工导流技术分析[J]. 河南水利与南水北调,2015(8).
- [3] 王亚兵,王朱涛. 工程模糊理论在边坡稳定性评价中的应用[J]. 交通标准化,2012(3).
- [4] 杜九博. 基于模糊决策理论的水利工程建设项目评标方法研究[D]. 济南:山东大学,2015.
- [5] 陈俊良,胡志根,刘全. 基于 Vague 集的水电工程导流方案模糊多目标决策研究[J]. 中国水运,2015(3).
- [6] 魏远东. 工程模糊集理论在水利工程施工导流中应用研究[D]. 哈尔滨:黑龙江大学,2015.