

基于 AHP 与 FUZZY 的流域梯级水电站电价风险分析

谭唯薇¹, 贾建伟², 范瑞琪³, 叶玉健⁴, 武 晶¹

(1. 四川大学水利水电学院, 四川 成都 610065; 2. 长江水利委员会水文局, 湖北 武汉 430010; 3. 中国水电顾问集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072; 4. 中国国电集团西藏分公司, 四川 成都 610072)

摘要:以云南省某流域规划梯级水电站为例, 讨论电站建成后要面临的水电价格风险, 通过该流域水电站价格风险影响因素的分析, 建立风险测度函数, 先对单个电站进行价格风险分析测算, 再统一对流域梯级电站的价格风险进行分析测算, 为梯级电站水电价格风险分析提供参考。

关键词:梯级水电站; 水电价格风险; 层次分析法; 模糊综合评价法

中图分类号:F407.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-9511(2014)06-0025-04

随着我国“流域、梯级、滚动、综合”开发机制的日趋成熟, 全国各地逐渐呈现出了流域水电梯级规划开发的态势, 极大地促进了流域的统一开发和管理, 促使梯级电站间水资源的综合优化调度, 实现了水能利用的最大化。随着流域梯级开发的逐步深入, 尤其是在我国水能资源丰富的西部地区, 由于“西电东送”战略的稳步推进, 越来越多的大型梯级水电站将成为我国东部地区的骨干电源^[1]。结合当前形势, 对规划电站建成后可能面临的水电价格风险进行分析和预测, 对于电站建设以及整个水电事业健康可持续发展都有着重要意义^[2], 尤其是将流域梯级电站作为一个整体进行电价的风险分析和评价, 可以为梯级水电站群实现统一调度、促进资源利用和收益最大化提供一定依据, 因而, 找寻一种实用的梯级水电站群水电价格风险分析评价方法十分必要。

1 水电价格风险分析

水电价格的不确定性导致了电价风险, 进行风险分析后得到构成水电价格风险的风险因子, 即为影响发电商上网电价波动的因子^[3]。对于水电站来说, 电能是其唯一的产品输出, 其销售收入是支撑水电站持续运作的唯一资金来源, 是影响水电投资及水电事业健康稳定可持续发展的重要因素。由于现今我国电力市场还未完全开放, 政府定价仍是我国水电当前以及未来较长一段时间的定价模式。因此在电站投入运营后将采用何种电价机制进行价格

核定是水电站业主方无法定夺的, 因而由定价机制所带来的风险对于电站来说是很难进行准确预测的。但电站业主方仍然可以根据电站自身的实际情况, 结合当前电力市场现状以及水电价格政策趋势对自身电站价格风险进行测度。在此, 本文将从自身因素、市场因素以及政策因素 3 个方面对水电站电价风险进行简要的分析和说明。

1.1 自身因素

从水电定价过程来看, 无论用何种电价机制或方法, 水电价格水平都是以成本作为定价基础再加以合理收益来确定的。因此, 水电站成本的高低是影响上网电价水平的重要因素, 也是电站电价风险的重要来源。对于水电站来说, 成本主要包括建设成本和经营成本两部分, 其中建设成本占绝对比重。水电建设成本主要包括在前期投入、建设期投入、移民投入、机电投入。经营成本主要是在电站运营期设备维护维修以及人工成本的投入, 和建设成本相比压力较小。预估电价水平作为电站在建成以前结合自身预计的资金投入和合理收益进行的电价水平测算, 估价过高可能导致电价在今后很难得到批准, 过低又很难使电站得到合理收益, 这样就极易造成电站的亏损。

自然因素可以直接影响电站的发电量, 对于单个水电站来说, 来水的不确定会导致电站发电量的不确定, 对于梯级电站来说, 尽管通过优化调度模型可以满足电站在运行上的特定需求, 却难以甚至是

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB036406)
作者简介: 谭唯薇(1990—), 女, 重庆云阳人, 硕士研究生, 从事水利电力经济管理研究。E-mail: twwab000@163.com

不可能满足所有电站的需求^[4],最终可能导致水能得不到充分利用。

1.2 市场因素

从目前我国能源结构来看,水火电比例失衡,火电比重远大于水电。由于近年来煤炭资源紧缺导致煤价上涨过快,煤电联动直接致使火电上网电价多次上调。水电一定程度上作为火电的替代品,其上网电价也会相应地有一定上调,但调整幅度远小于火电。随着能源结构的优化,火电比重将逐年下降,而水电比重将越来越大。这样一来,即使在维持销售电价不变的情况下水电上网电价的上调空间也会越来越大。

从近几年的销售电价来看,除了居民生活用电电价变幅不大以外,工、农业用电电价均有较大涨幅,尤其是工业用电。由于销售电价与上网电价存在因果联系,所以销售电价的上调也将带来水电上网电价的上调。

从市场环境来看,云南省水、火电上网电价水平在全国范围内都是最低的,在能源价格普遍上涨的大趋势下,云南省水电上网电价上涨的空间很大。

1.3 政策因素

由于电力属于公共产品,具有一定的自然垄断性,因而,我国目前水电上网电价的定价一般是由价格主管部门进行审批。此外,政府相关部门还可能会根据市场环境以及相关政策的变化从宏观上出台一些有针对性的政策,以统筹整个水电行业的发展,例如调价政策、税收政策等,而这些相关政策也会直接或间接地影响上网电价,进而影响电站的销售收入。

国家政策对行业发展具有很强的导向作用,政策导向往往会释放一些趋势性信号,可能会给电站未来水电价格调整带来一定有利或不利的影 响。从政策导向来看,云南省水电上网电价一直处于上调的状态,在 2004—2011 年的 3 次价格调整后主要水电站的平均价格水平呈现出明显上涨的趋势,而从 2014 年国家发布的《关于完善水电上网电价形成机制的通知》来看,今后云南省新投水电站的上网电价水平将不会低于现有同性质电站的价格水平。

随着节能减排政策的不断推进,以及水电移民环保压力的不断加大,“水火同价”的呼声也越来越高,水火电电价差距有望逐渐缩小。

综上所述,水电价格风险分析中的风险指标可分为三级,一级指标为电价风险,二级指标为自身因素(由三级指标造价水平、预估电价水平、经营成本、自然因素构成)、市场因素(由三级指标能源结构、销售电价、市场环境构成)、政策因素(由三级指标价格政策、政策导向、火电政策构成)。

2 水电价格风险分析模型构建

水电价格风险分析模型的构建主要以层次分析法为基础进行价格风险的模糊综合评价,其主要内容包括权重的确定和模糊综合评价两部分。

2.1 权重的确定

进行电价风险评价的首要任务就是要建立风险评价指标体系,确定各风险指标的权重。确定权重的方法有很多,笔者采用的是层次分析法(AHP)。层次分析法是将一个实际问题进行分析,然后建立一个自上而下的层次结构,最上层为目标层,以下为准则层,同层因素从属于或影响着上一层因素,支配或受影响于下一层因素。在水电价格风险中,价格风险作为层次结构的顶层,各风险因素作为准则层。

a. 根据前面对水电价格风险因素的分析,建立层次结构模型,见图 1。

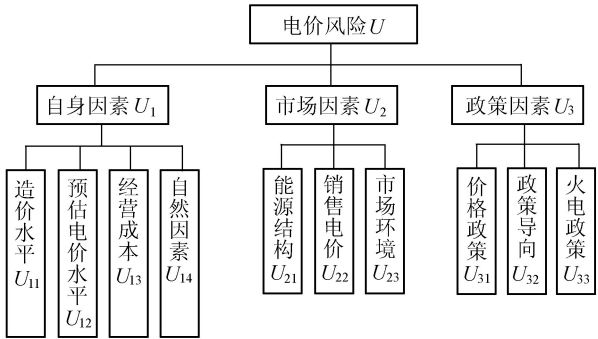


图 1 电价风险三级评价指标

b. 根据各个电站的实际情况,对已构建的模型中每个层次风险要素的相对重要性做出判断并进行打分,构建判断矩阵,见表 1。

表 1 风险要素判断矩阵

	U_1	U_2	...	U_j	...	U_n
U_1	u_{11}	u_{12}	...	u_{1j}	...	u_{1n}
U_2	u_{21}	u_{22}	...	u_{2j}	...	u_{2n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$
U_i	u_{i1}	u_{i2}	...	u_{ij}	...	u_{in}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$
U_n	u_{n1}	u_{n2}	...	u_{nj}	...	u_{nn}

表 1 中, u_{ij} 是 U_i 对 U_j 的相对重要性的数值表示, u_{ij} 取 1,2,⋯,9 及其倒数,则 $u_{ij}=1,3,5,7,9$ 的含义分别为 U_i 对 U_j 一样重要,稍微重要,明显重要,强烈重要,绝对重要。而 2,4,6,8 则为中间状态数值,倒数所表达的意义反之。

c. 确定电价风险要素的相对重要度后,根据式(1)计算判断矩阵 U 的特征向量 $W^{[5]}$ 。

$$W'_i = \left(\prod_{j=1}^n \right)^{\frac{1}{n}} \quad (i = 1, 2, \cdots, n) \quad (1)$$

W_i = W'_i / sum_i W'_i (i = 1, 2, ..., n) (2)

W = (W_1, W_2, ..., W_i) (i = 1, 2, ..., n) (3)

UW = lambda_max W (4)

d. 根据式(4)进行矩阵的一致性判断,计算一致性指标 C. I.

C. I. = (lambda_max - n) / (n - 1) (5)

式中:lambda_max 为 U 的最大特征根。

lambda_max = sum_i^n [(UW)_i / W_i] (6)

e. 定义风险评价指标的权重一致性指标

CR = (C. I. / C. R.) (7)

式中 C. R. 为随机性指标取值,见表 2。

表 2 随机性指标 C. R. 数值

n	C. R.	n	C. R.
1	0	7	1.32
2	0	8	1.41
3	0.58	9	1.45
4	0.90	10	1.49
5	1.12	11	1.51
6	1.24		

若计算得到 CR<0.1,证明判断矩阵的一致性可以接受,W 在可接受范围内,否则,就要对权重进行修正,直到最终达到评判要求。

2.2 模糊综合评价模型

在水电价格风险评估中,很多事件的风险程度是很难甚至不可能精确描述的,而利用模糊数学概念进行电价风险的衡量和评价,可以为决策者在决策和管理过程中提供一种有效、可行的方法。

对电价风险进行评价时,由待评价风险因素构成一个有限集合:O={u_1,u_2,...,u_n},n 表示评价指标因素个数。

根据实际需要,由风险程度评语构成有限集合:V={v_1,v_2,...,v_m},m 表示评语等级个数,文中采用大、中、小 3 个评价等级。

根据确定的评语集合,用德尔菲法通过专家匿名打分,得到评价结果:B=[b_1,b_2,...,b_m],为一个

m 维的模糊向量。其论域为 V,b_j 为 B 中相应元素的隶属度,且 b_j in [0,1],j=1,2,...,m。

根据层次分析法确定电价风险评价因素的权重集合:A=[a_1,a_2,...,a_n],其论域为 O,a_i 为 A 中相应元素的隶属度,即风险因素 u_i 的权重,且 a_i in [0,1],i=1,2,...,n;并应满足 A 中所有元素的和为 1。水电价格模糊综合评价模型就是将 O 这一论域上的 A 经过模糊关系的处理变换为评语集合这一论域上的模糊集合[6],即

B = A o R (8)

式中:B 为模型计算得到的评价结果,为 m 维模糊行向量;A 为电价风险评价因素权重的集合,为 n 维模糊行向量;R 为从 O 到 V 的一个模糊关系,是一个 n x m 的矩阵,其元素 r_ij (i=1,2,...,n;j=1,2,...,m)表示对第 i 个评价因素做出第 j 种评语的可能程度;“o”为一种模糊向量计算方式,计算规则见式(9)。

式(8)为模糊矩阵的乘积,其中 B 的元素计算方法如下:

b_j = sum_i^n (a_i and r_ij) = max {min(a_i, r_ij), min(a_2, r_2j), ..., min(a_n, r_nj)} (j = 1, 2, ..., m) (9)

3 实 例

云南省某流域规划建设“三库六级”水电站,根据该流域梯级水电站规划开发建设情况,参照相关电站设计报告、调整概算文件以及相关规划批复文件,各梯级水电站的装机容量、发电量及投资情况见表 3。由于经营期电价方法依然是我国目前水电上网电价核算最常用的方法,因此采用此法并以 8% 的资本金内部收益率测算出各单站的预估电价水平。

各电站风险因素权重分布计算过程如下,以 A 电站为例。

a. 根据 A 电站的实际情况,分别确定自身因素、政策因素和市场因素中各子风险因素的相对重要度并进行打分,构建三级风险因素的判断矩阵。以自身因素为例,建立其子风险因素判断矩阵如下:

表 3 流域梯级电站主要参数

电站名称	调节性能	装机容量/万 kW	设计利用小时数/h	发电量/(亿 kW·h)	预计总投资/万元	单位千瓦造价/元	预估电价水平/(元(kW·h) ⁻¹)
A 电站	年调节	6.0	4217	2.53	132 795	22 133	0.6820
B 电站	年调节	10.6	4274	4.53	155 742	14 693	0.4527
C 电站	年调节	19.0	4062	7.72	214 021	11 264	0.3385
D 电站	日调节	9.9	3505	3.47	108 268	10 936	0.4188
E 电站	日调节	2.4	4500	1.08	24 000	10 000	0.3315
F 电站	日调节	3.8	4500	1.71	38 000	10 000	0.3184

U_1 = \begin{bmatrix} 1 & 7 & 7 & 8 \\ 1/7 & 1 & 2 & 2 \\ 1/7 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/8 & 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}

b. 从式(1) ~ (4)逐步计算得到自身因素中各子风险因素的权重分布,并进行一致性检验。

W = [0.701, 0.137, 0.068, 0.093]^T

CR = \frac{C.I.}{C.R.} = \frac{0.0412}{0.9} = 0.046 < 0.1

其他因素各子风险因素判断矩阵的构建、权重分布和一致性检验计算步骤同上。

c. 对自身因素、政策因素和市场因素进行二级权重风险因素判断矩阵的构建,经计算得到二级风险因素的权重分布。

U = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 7 \\ 1/6 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}

W_0 = (0.750, 0.171, 0.078)^T

CR_0 = \frac{C.I.}{C.R.} = \frac{0.050}{0.58} = 0.086 < 0.1

d. 将权重分布反映到各电站所有子风险因素上,最终得到各电站各风险因素的权重情况,见表4。同理,以各规划电站的调节性能、装机容量、设计利用小时数、发电量和单位千瓦造价为综合考虑因素,对各电站间相对重要度进行打分,构建电站间的判断矩阵,计算得到各电站权重情况,见表5。

表5 流域梯级各电站权重

电站	权重	电站	权重
A 电站	0.13	D 电站	0.13
B 电站	0.25	E 电站	0.04
C 电站	0.4	F 电站	0.06

在模糊综合评价法中,风险等级采取大、中、小3个评价等级,对各电站所有子风险因素带来的电价风险的大小程度进行打分,以A电站为例,其模糊关系集合构建如下。

R = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.6 & 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.6 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.5 & 0.4 & 0.4 & 0.4 & 0.4 \end{bmatrix}^T

其他电站模糊关系集合构建同理,经模糊计算得到各电站风险隶属情况及风险等级评定结果,见表6。

表4 各电站风险因素权重

电站	造价水平	预估电价水平	经营成本	自然因素	价格政策	政策导向	火电政策	能源结构	销售电价	市场环境
A 电站	0.53	0.1	0.05	0.07	0.09	0.05	0.03	0.04	0.02	0.02
B 电站	0.52	0.11	0.05	0.07	0.07	0.07	0.03	0.04	0.02	0.02
C 电站	0.51	0.11	0.05	0.08	0.07	0.07	0.03	0.04	0.02	0.02
D 电站	0.53	0.11	0.04	0.08	0.08	0.06	0.03	0.04	0.02	0.02
E 电站	0.5	0.12	0.04	0.08	0.07	0.07	0.03	0.04	0.02	0.02
F 电站	0.5	0.12	0.04	0.08	0.07	0.07	0.03	0.04	0.02	0.02

(下转第49页)

表6 各电站水电价格风险隶属情况

电站	风险等级			风险等级 评定结果
	大	中	小	
A 电站	0.59	0.21	0.20	大
B 电站	0.53	0.27	0.20	大
C 电站	0.22	0.33	0.44	小
D 电站	0.47	0.33	0.20	大
E 电站	0.34	0.41	0.25	中
F 电站	0.35	0.40	0.25	中

以6个电站风险等级隶属数据作为整条流域电站的模糊关系集合R_0,梯级各电站权重集合A=[0.13, 0.25, 0.40, 0.13, 0.04, 0.06],经过模糊计算,得到该流域6个梯级电站的整体水电价格风险隶属情况:B=(0.38, 0.31, 0.31),结果显示整条流域的梯级电站水电价格风险大。

4 结 语

对评定结果进行分析可以看出,由市场和政策因素带来的水电价格风险对各电站影响相当,且影响程度远小于由自身因素带来的风险。由于A电站和B电站属于年调节性能的水电站,造价偏高,D电站虽然造价不高,但利用小时数偏低,3个电站的电价水平又较高,若以目前云南省的标杆电价政策为准的话,3个电站会承担很高的价格风险。C电站由于装机较大,单位千瓦造价不高,电价水平不高,所承担的风险较小。E电站和F电站属于日调节电站,造价不高,电价水平也相比其他电站低,加上上游电站的调节效益,因此承担的电价风险较低。对于整个梯级电站而言,由于其中风险较大的电站占到了半数,小风险电站又不足以填补大风险电站所带来的风险缺口,因此导致整条流域的梯级电站群所面临的价格风险较大。

由此可以得出,在对电站进行水电价格风险分析时,首先要把握好政策动向,并时刻洞悉市场信号,在分析电价风险的过程中,除了对各个电站的风险大小分别进行分析外,还要将流域梯级电站作为一个整体进行综合分析,根据风险大小程度及时进行建站规划调整,严格控制建设成本,并采用先易后难、逐步推进梯级开发的模式,采取风险规避措施,降低梯级电站建成后的风险,确保电站建成后的合理收益。

水文化遗产可将调查分为物质类和非物质遗产两大类。调查内容主要包括,每项水文化遗产的名称、位置、年代、类别、数量、文化内涵、地理坐标等基本情况,遗产的保存现状和损毁情况,水文化遗产的所有权属。调查中应同时测绘水文化遗产线图,拍摄影音资料。

b. 抓紧实施水文化遗产保护工作。通过水文化遗产调查工作,可以全面掌握现存的水文化遗产基本数据及保存现状,建立水文化遗产信息管理系统和保护名录,为水文化建设提供基础数据资料,探讨水文化遗产的保护对策,编制并实施相应的保护与利用规划。通过整理分析水文化遗产资料,提炼呼伦贝尔水文化遗产中蕴含的核心精神和内涵,将呼伦贝尔水文化精髓融入工程建设和社会管理中,提升城市的文化内涵和文化品位;将水文化元素融入草原民俗文化旅游和精品旅游中,增加旅游内容,提升旅游层次,着力实现呼伦贝尔“国家原生态民俗文化旅游胜地”的定位。

3.3 开展水素养提升行动

a. 提高领导干部创建水生态文明的主动意识。要紧紧围绕呼伦贝尔“美丽发展、科学崛起、共享繁荣”发展战略,培养各级领导干部创建水生态文明城市主动意识。将水情教育纳入各旗市区领导干部和公务员教育培训体系,充分利用党校和行政学院培训平台,设置与水生态相关的课程,传授呼伦贝尔的基本水情、水文化特点、水生态面临的形势和问题、水资源开发利用与节约保护现状、水利政策法规等必备的水知识,引导领导干部在水生态保护工作中运用科学的水态度,在水资源管理工作中运用规范的水行为。将水生态文明考核纳入各旗市区绩效评估和干部选拔任用的工作中,促使各级领导干部更加注重水生态文明建设的重要性。

b. 提升青少年宣传水生态文明的带动效应。保护生态环境必须从娃娃抓起,建议制订呼伦贝尔水生态文明教育实施计划,提出提高青少年水素养行动的工作目标。编制图文并茂、简单易懂的水文化教育读本,把水文化教育读本纳入学生选修课程。在各旗市区的大、中、小学每年开展一次参观水利工程、自来水厂、河湖湿地等亲水实践活动,培养学生水生态和水文化保护意识,使广大青少年成为节水、爱水的种子,传播亲水、惜水的理念。积极开展与水生态、水文化相关的征文比赛、摄影比赛等丰富多彩、形式多样的活动,提高学生、家长和老师的积极性和参与度,从而带动全社会的水生态保护意识的宣传效应。

c. 加强用水户参与水生态保护的社会责任。

按照《呼伦贝尔市生态市建设规划》的要求,根据“有退有进,美丽与发展双赢”的发展战略,对高耗水、高污染、低产出、低效益的企业进行产业升级或淘汰。建议实行高耗水行业用水计划管理,鼓励企业使用再生水,提高再生水利用率。尝试采取“以奖代补”或阶梯水价的方式,鼓励各类用水户采取节水减排、循环用水的环境友好型和资源节约型的用水方式。倡导居民使用节水器具,鼓励居民采用一水多用、循环使用的用水方式,大力宣传珍惜水资源,保护水环境是每个公民的义务。向牧民宣传节约用水和健康饮水的重要性,改变牧民的生活生产用水习惯,在夯实农业增效、农民增收的基础上,促进节水型农业和农民安全饮水事业的发展。

参考文献:

[1] 徐占江. 呼伦贝尔市情概要[R]. 呼伦贝尔市:中共呼伦贝尔市委宣传部,2014.
[2] 徐占江. 呼伦贝尔旅游[M]. 呼和浩特市:内蒙古文化出版社,2010.
[3] 刘冰,王勤. 呼伦贝尔水文化与北方游牧民族性格[J]. 水利发展研究,2008(10):70-72.
[4] 孟和乌力吉. 传统环保文化与草原和谐发展:以内蒙古新巴尔虎左旗巴彦贡嘎查水文化为例[J]. 云南师范大学学报, 2011,43(1):40-46.
[5] 程道宏. 呼伦贝尔史话[M]. 呼和浩特市:内蒙古文化出版社,2011.
[6] 安家寰. 达斡尔族排木业习俗研究[J]. 凉山大学学报, 2003,5(1):125-128.
[7] 黄治国. 蒙古族水文化的历史记忆及意义分析[J]. 大庆师范学院学报,2011,31(2):126-128.

(收稿日期:2014-10-10 编辑:张志琴)

(上接第28页)

参考文献:

[1] 叶玉健,马光文,赵庆绪,等. 梯级水电多市场供电上网电价定价机制研究[J]. 水力发电学报,2013,32(5):288-293.
[2] 张年朝. 完善上网电价形成机制,推进水电开发事业持续发展[J]. 红水河,2008,27(5):14-18.
[3] 刘艳,王黎,马光文. 发电企业上网电价风险因子识别[J]. 水力发电,2007,33(1):4-6.
[4] 陈铁华. 梯级水电站群发电优化调度策略综述[J]. 水电能源科学,2010,28(10):128-130,164.
[5] 幸莉仙,韩盼,黄慧莲. AHP 与 FUZZY 在软件开发项目风险管理中的综合应用[J]. 计算机应用系统,2012,21(4):161-164.
[6] 郭波,龚时雨,谭云涛,等. 项目风险管理[M]. 北京:电子工业出版社,2008.

(收稿日期:2014-05-12 编辑:方宇彤)