

水电站环境影响后评价指标体系研究

崔宇龙¹, 黄涛¹, 刘政², 姚远², 何林²

(1. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 611756;

2. 四川省环境工程评估中心, 四川 成都 610041)

摘要: 基于水电站环境影响后评价的复杂性和不确定性特点,结合大渡河流域深溪沟水电站实际情况,识别环境影响评价因子,建立深溪沟水电站环境影响后评价指标体系。通过 AHP 法结合模糊数学评价对深溪沟运行进行复合评价,评价结果表明:AHP 结合模糊数学评价具有适用性,深溪沟水电站的运行对生态环境及社会经济的影响处于第2级(有较不利影响),并偏向于第3等级(无影响)。

关键词: 环境水利; 评价因子识别; 指标体系; AHP; 模糊评价; 水电站

中图分类号:X21

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2015)02-0169-05

Research on index system of post assessment considering impact of hydropower project environment

CUI Yulong¹, HUANG Tao¹, LIU Zheng², YAO Yuan², HE Lin²

(1. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China;

2. Sichuan Environment & Engineering Appraisal Center, Chengdu 610041, China)

Abstract: According to the features of complexity and uncertainty of post assessment for hydropower project environment, combining with the actual situation of Shenxigou hydropower station of Dadu River basin and identifying environmental impact assessment factors, the paper established the index system of environmental impact post assessment for Shenxigou hydropower project. Then, it comprehensively analyzed the operation of Shenxigou hydropower station through AHP and fuzzy evaluation. The result shows that AHP combining fuzzy evaluation possesses applicability, and the impact of operation of Shenxigou hydropower project on environment and social economy is in the second stage (minor adverse impact), and is biased in favor of the third level (no impact).

Key words: environmental water conservancy; assessment factor analysis; index system; AHP; fuzzy evaluation; hydropower project

1 研究背景

环境影响后评价是环境影响评价的延伸和发展,是对环境影响评价的验证和完善^[1]。它可对环境影响预测和环保设计成果进行验证,检查环保设施“三同时”制度执行情况,也为其它项目环境影响评价和环保设计提供借鉴,为环境监测项目的调整和优化提供依据。

国外关于环境影响后评价的研究始于20世纪

30年代,美国在制定国家分配计划项目时首次开展了后评价工作,主要目标是审核资源的价值^[2]。20世纪70年代初,世界银行成立了项目后评价制度,其中也涉及环境方面的后评价^[3-4]。20世纪80年代英国曼彻斯特大学环境影响评价中心开展了相关工作^[5]。Brains等针对评价方法操作性弱的特点提出定性结合定量的环境影响后评价方法,并结合实例进行验证^[6]。Anbari等^[7]于2008年提出环境影响后评价在理论方法上是有效的,目前仍缺少统一

收稿日期:2014-11-25; 修回日期:2014-12-23

基金项目:四川省科技计划项目(2012SZ0189)

作者简介:崔宇龙(1988-),男,江苏盐城人,在读博士,研究方向:工程水环境效应及其控制。

通讯作者:黄涛(1970-),男,陕西宝鸡人,教授,博士生导师,研究方向:环境规划与管理、工程环境地下水效应与控制、固体废弃物处置与资源化。

的体系和制度来管理的观点。

我国的环境影响后评价工作起步较晚,始于 20 世纪 90 年代。水利部于 1995 和 1996 年分别开展了两次水利建设项目后评价试点工作。2002 年颁布的《中华人民共和国环境影响评价法》第二十七条对建设项目环境影响后评价进行了明确规定,确立了环境影响后评价的法律地位^[8]。2010 年水利部制定了《水利建设项目后评价管理办法(试行)》,明确了水利项目后评价的工作程序、主要依据内容及管理监督^[9]。近年来,陈若缙以冯家山水库为例,采用有无对比法对水坝工程的环境影响进行后评价,确定项目实际存在的有利影响和不利因素并提出相应措施^[10]。

郑艳红等^[11]针对水电开发项目环境影响后评价的指标选取进行了研究,把水电开发项目环境影响后评价指标体系划分为水环境、生态环境以及社会环境 3 大系统。蒋固政等^[11]分析目前我国及相关部委对水工程建设项目开展环境影响后评价的法律依据与要求,探讨了水工程环境影响后评价的主要内容。盛松涛等^[12]针对水利水电工程环境影响

综合后评价具有影响因素多和模糊性的特点,基于模糊物元理论,建立了水利水电工程环境影响综合评价指标体系和环境影响模糊物元模型。张虎成等^[13]结合目前河流水电开发的环境管理程序及环境影响评价实际情况,明确了从工程系统、环境系统和管理系统 3 方面筛选指标并建立河流水电梯级开发环境影响后评价的评价体系,并提出了完善评价指标体系的建议。

目前,水电工程环境影响后评价方面的研究相对较少,缺乏一套完整的后评价指标体系及评价方法^[14]。在大量调研和查阅资料的基础上,针对深溪沟水电站实际情况,进行环境影响因子识别,并构建了相应后评价指标体系,最后采用 AHP 法和模糊评价模型对其进行了复合评价,以期能够为后续研究提供参考和借鉴。

2 环境影响后评价指标体系

通过对水电站环境影响后评价影响因子识别的研究,将其分为生态环境和社会经济两方面进行分析,相应指标体系如表 1 所示。

表 1 深溪沟水电站环境影响后评价指标体系

目标层	准则层	指标层	评价因子
生态环境	生态影响	水库淹没	淹没耕地、淹没灌木林地、淹没建设用地、淹没未利用地、淹没乌斯河镇
		保护鱼类	青石爬鮡、鲈鲤、重口裂腹鱼、侧沟爬岩鳅、长薄鳅、稀有鮡鲫产卵、栖息地、洄游影响
		生物资源	地表植被覆盖度、动植物、水生生物、浮游生物
		水土流失	工程影响区域流失强度、平均流失模数、年平均流失量
		自然保护区	大渡河峡谷地质公园地质遗址及生态景观
	环境影响	气候影响	平均气温、极端气温、平均降水量、相对湿度、风速、年蒸发量
		水温水质	水温、底泥主要污染物浓度、挥发酚、总磷、氨氮等
		泥沙淤积	平均输沙量、含沙量
		库岸稳定	坝前淤积量、侵蚀基准面
		自然灾害	干旱、地震、暴雨、低温等发生频率
社会经济	社会影响	净化环境	
		人口迁移	移民安置量
		人群健康	水库周边居民发病率、传染病、特殊病等情况
	经济影响	交通设施	S306 省道、成昆铁路、汉源火车站运行及安全情况
		供水影响	红华实业总公司、工农业生产用水及生活用水影响

经济影响	发电效益	装机容量、年发电量、改善结构等
	渔业	捕鱼类总数、捕鱼量前后
	其他效益	交通条件、就业机会、拉动产业等

3 指标体系评价模型及实例应用

3.1 模型简介

AHP 法是一种定性和定量相结合的系统化、层

次化的分析方法,它采用数字标度(两两要素间相对重要性的数量尺度)的形式,将人的主观判断用数量形式表达和处理。其主要步骤:①建立评价指标体系,描述系统功能或特征的递阶层次结构;②对

于同属于一级的要素,以上一级的准则进行两两比较,建立判断矩阵,并进行一致性检验;③计算单一准则下元素的相对权重;④计算各要素对目标层的合成权重,并对各方案进行排序,为决策提供依据。

模糊评价模型就是把模糊数学理论引入评价中,从而对具有模糊性的客观事物有效的分类与识别。模糊评价法是常见的一种评价模型,对某一个待评价样本的评价指标集,选取隶属度函数,计算各指标对各级指标标准区间的相对隶属度,建立隶属度模糊矩阵,再计算权重,经过加权运算得到综合评价结果,最后通过级别特征公式进行评价或分类。

3.2 实例应用

深溪沟电站为大渡河干流规划的第十八级电站,其上一梯级为瀑布沟电站,下一级为枕头坝电站。电站正常蓄水位 660.00 m,利用落差 40.0 m,装机容量 660 MW,当梯级联合运行时(与双江口、冶勒、瀑布沟),年发电量 32.35 亿 kW·h,年上网电量 30.6403 亿 kW·h。电站建成后除与瀑布沟电站联合运行,共同担任四川电力系统的调峰任务,还担任因瀑布沟调峰影响下游四川红华实业总公司取水要求的反调节任务。

确定评价的因素集,即生态环境子系统物元和社会经济子系统物元,并根据流域数据基础资料及专家咨询,得出两个子系统相应指标的特征值,如表 2:

表 2 指标体系各指标特征值		
子系统	指标	特征值
生态环境	水库淹没 C_1	30
	气候影响 C_2	50
	净化环境 C_3	80
	泥沙淤积 C_4	50
	库岸稳定 C_5	40
	水土流失 C_6	50
	保护鱼类 C_7	40
	生物资源 C_8	30
	自然保护区 C_9	40
	水温水质 C_{10}	65
	自然灾害 C_{11}	40
社会经济	人口迁移 C_{12}	30
	人群健康 C_{13}	50
	供水影响 C_{14}	95
	发电效益 C_{15}	95
	渔业 C_{16}	70
	交通设施 C_{17}	60
	其他效益 C_{18}	75

进而给出模糊评语集,见表 3。

表 3 模糊评语集					
影响程度	不利 (1 级)	较不利 (2 级)	无影响 (3 级)	较有利 (4 级)	有利 (5 级)
分值	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100

通过 AHP 法确定权重,如表 4、5 所示。在此基础上选取隶属度函数,计算隶属度。选用正态型隶属度函数,分别计算生态环境子系统和社会经济子系统中各指标隶属于不同等级的隶属度值。公式为:

$$f(x) = \exp[-(\frac{x-a}{b})^2]$$
 (1)

式中: x 为指标特征值 $a_1, a_2, \cdots, a = (s_k + s_{k+1})/2$, $b = 0.6006(s_{k+1} - s_k)$, 其中 s_{k+1}, s_k 分别是第 k 个等级的上、下限值。由 Matlab 编程得出的隶属度如下表 6、7。

表 4 生态环境子系统判断矩阵											
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}
C_1	1	9	8	6	7	4	7	5	5	2	2
C_2	1/9	1	1/2	1/4	1/3	1/6	1/2	1/5	1/5	1/2	1/8
C_3	1/8	2	1	1/3	1/2	1/5	1/2	1/4	1/2	1/2	1/7
C_4	1/6	4	3	1	2	1/3	3	1/2	1/2	1/5	1/5
C_5	1/7	3	2	1/2	1	1/4	1/2	1/3	1/4	1/7	1/6
C_6	1/4	6	5	3	4	1	5	2	1/2	1/6	1/3
C_7	1/7	2	2	1/3	2	1/5	1	1/3	1/2	1/6	1/3
C_8	1/5	5	4	2	3	1/2	3	1	1/4	1/3	1/4
C_9	1/5	5	2	2	4	2	2	4	1	1/5	1/4
C_{10}	1/2	2	2	5	7	6	6	3	5	1	4
C_{11}	1/2	8	7	5	6	3	3	4	4	1/4	1

经 Matlab 编程,计算得出权重为: $W_1 = (0.2468, 0.0212, 0.0275, 0.0453, 0.0266, 0.0835, 0.0314, 0.0602, 0.0822, 0.2177, 0.1575)$, 经检验满足一致性。

表 5 社会经济子系统判断矩阵							
	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}
C_{12}	1	8	3	4	6	4	4
C_{13}	1/8	1	1/6	1/2	1/3	1/4	1/4
C_{14}	1/3	6	1	7	4	3	2
C_{15}	1/4	2	1/7	1	4	1/2	1/3
C_{16}	1/6	3	1/4	1/4	1	1/4	1/3
C_{17}	1/4	4	1/3	2	4	1	1/3
C_{18}	1/4	4	1/2	3	3	3	1

经 Matlab 编程,计算得出权重为: $W_2 = (0.3732, 0.0297, 0.2356, 0.0701, 0.0453, 0.0994, 0.1466)$, 经检验满足一致性。

表 6 生态环境子系统各指标隶属度值

	指 标	第一等级	第二等级	第三等级	第四等级	第五等级
态 环 境 子 系 统	水库淹没 C_1	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}	1.46×10^{-11}
	气候影响 C_2	1.53×10^{-5}	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}
	净化环境 C_3	1.78×10^{-15}	2.99×10^{-8}	0.001955	0.50004	0.50004
	泥沙淤积 C_4	1.53×10^{-5}	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}
	库岸稳定 C_5	0.0019547	0.50004	0.50004	0.001955	2.99×10^{-8}
	水土流失 C_6	1.53×10^{-5}	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}
	保护鱼类 C_7	0.0019547	0.50004	0.50004	0.001955	2.99×10^{-8}
	生物资源 C_8	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}	1.46×10^{-11}
	自然保护区 C_9	0.0019547	0.50004	0.50004	0.001955	2.99×10^{-8}
	水温水质 C_{10}	7.85×10^{-10}	0.0002055	0.21027	0.84092	0.013146
	自然灾害 C_{11}	0.0019547	0.50004	0.50004	0.001955	2.99×10^{-8}

表 7 社会经济子系统各指标隶属度值

	指 标	第一等级	第二等级	第三等级	第四等级	第五等级
社 会 经 济 子 系 统	人口迁移 C_{12}	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}	1.46×10^{-11}
	人群健康 C_{13}	1.53×10^{-5}	0.062522	1	0.062522	1.53×10^{-5}
	供水影响 C_{14}	1.79×10^{-22}	1.92×10^{-13}	8.03×10^{-7}	0.013146	0.84092
	发电效益 C_{15}	1.79×10^{-22}	1.92×10^{-13}	8.03×10^{-7}	0.013146	0.84092
	渔业 C_{16}	1.46×10^{-11}	1.53×10^{-5}	0.062522	1	0.062522
	交通设施 C_{17}	2.99×10^{-8}	0.0019547	0.50004	0.50004	0.0019547
	其他效益 C_{18}	1.92×10^{-13}	8.03×10^{-7}	0.013146	0.84092	0.21027

最后进行综合评判：
令 $H = (h_1, h_2, h_3, h_4)$ ，其中 h_j 表示 u 隶属于评语 v_j 的程度。取与权向量 w 有关的综合函数 M_m ，则 h_j 可由下式给出： $h_j = M_m(r_{1j}, r_{2j}, r_{3j}, r_{4j})$ ， $j = 1, 2, 3, 4$ 。故综合评判结果：
 $H = (M_m(r_{11}, r_{21}, r_{31}, r_{41}), \cdots, M_m(r_{14}, r_{24}, r_{34}, r_{44}))$ (2)

使用加和、求积运算：

$$h_j = M_m(r_{1j}, r_{2j}, r_{3j}, r_{4j})$$
$$= \sum_{i=1}^4 w_i \times r_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

分别得出自然生态子系统和社会生态子系统的评价结果。
 $H_1 = (0.019778, 0.46528, 0.36389, 0.20678, 0.016615)$
 $H_2 = (0.023334, 0.37525, 0.1075, 0.22416, 0.29092)$
将两个子系统复合，加权运算，得出生态环境系

统的评价结果。其中，两个子系统的权重为： $W_3 = (0.6667, 0.3333)$ 。
 $H = 0.6667H_1 + 0.3333H_2$
 $= (0.020963, 0.43527, 0.27844, 0.21257, 0.10804)$
由评判结果可以看出，第二等级的隶属度最大为 0.43527，其次是对第三等级的隶属度最大，说明深溪沟水电站的环境影响处于第 2 级（有较不利影响），并偏向于第 3 等级（无影响）。

4 结 语

- (1)在充分参照大渡河流域深溪沟水电站实际情况的基础上，根据研究区域的环境保护目标，结合有关生态环境及社会经济方面，分析环境影响评价因子，并以此建立深溪沟水电站环境影响后评价指标体系。
- (2)在所建立的环境影响后评价指标体系的基础上，结合 AHP 法、模糊数学评价模型对两个物元

子系统进行分别和综合评价,最终得出复合评价结果表明:深溪沟水电站的环境影响处于第 2 级(有较不利影响),并偏向于第 3 等级(无影响)。

(3)由于调查研究及资料收集方面的不完善,指标的罗列存在一定不完备性,建议在后续的研究中能够用充分的数据及更为客观的方法计算特征值。

参考文献:

[1] 郑艳红,付海峰.水电开发项目环境影响后评价及评价指标初探[J].水力发电,2009,35(10):61-63.

[2] 陈昂,隋欣,王东胜.国外水库大坝工程环境影响后评价及对我国的启示[J].中国水能及电气化,2010(12):26-31.

[3] 史云鹏,陈凯麒,包洪福.对水电工程环境影响后评价的思考[J].人民长江,2013,44(15):90-93.

[4] 刘华.水电工程项目环境影响后评价探讨[J].科教文汇(上半月),2006(11):112-113.

[5] 王勇智.我国海洋工程海洋环境影响后评价指标体系的研究[D].青岛:中国海洋大学,2010.

[6] Branis M, Christopoulos S. Mandated monitoring of post-projects impacts in the Czech EIA[J]. Environmental Im-

pact Assessment Review, 2005,25(3):227-238.

[7] Anbari F T, Carayannis E G, Voetsch R J. Post-project reviews as a key project management competence[J]. Technovation, 2008, 28(10):633-643.

[8] 中华人民共和国主席令. 中华人民共和国环境影响评价法[M]. 北京:法律出版社,2002.

[9] 中华人民共和国水利部. 水利建设项目后评价管理办法(试行)[EB/OL]. [2012-03-09][2014-11-20] <http://ghjh.mwr.gov.cn/zdzt/slgcxmhpj/slgcxmhpjgzdd/201203/P020120309496656565146.pdf>.

[10] 陈若缙. 水坝工程环境影响后评价与环境资源价值损失核算[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.

[11] 蒋固政,马经安,李红清. 水工程环境影响后评价探讨[J]. 水资源保护,2011,27(5):17-20.

[12] 盛松涛,李星,张贵金. 水利水电工程环境影响综合评价方法研究[J]. 人民黄河,2012,34(10):110-113.

[13] 张虎成,闫海鱼,邱兴春. 关于我国水电梯级开发环境影响后评价的思考[J]. 水力发电,2013,39(7):1-3.

[14] 史云鹏,陈凯麒,包洪福. 水电工程环境影响后评价指标体系研究[J]. 中国农村水利水电,2013(5):161-163+167.



(上接第 168 页)

4 结 语

墙体传热量中对流比例受传热墙附近的气流形式影响最大,在论文实验工况范围内,送风口附近墙体对流比例与回风口附近对流比例分别为 70.67% 和 40.87%,前者比后者大近 30%。墙体传热量大小对流比例的影响极小,在送风口下墙体和回风口下墙体处的影响其绝对值均小于 0.07。换气次数对对流比例的影响也较小,平均只有 0.18%。为此,在计算墙体传热量中对流辐射分离比例时,需要具体分析墙体附近气流状态,选择合适的对流辐射分离比例,用固定的比例可能会引起较大误差,在本文工况下的北墙对流辐射比例约为 0.71:0.29,南墙对流辐射比例约为 0.41:0.59,如用文献[1]中的对流辐射 0.4:0.6 分离的话,在北墙所引起的误差最大可达到 30%,在南墙引起的误差较小。因此在实际负荷计算中,若近壁面风速不大,则可以用文献[1]比例;若近壁面风速较大,则应适当增加对流比例。而对流辐射分离比例与近壁面风速的关系还需更进一步研究,以便在今后的负荷计算中,根据具体

情况选取更合适的对流比例。

参考文献:

[1] 赵荣义,范存养,薛殿华,等. 空气调节[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.

[2] Spitler J D, Fisher D E, Pedersen C O. The radiant time series cooling load calculation procedure [J]. ASHRAE Transactions, 1997, 103(2):503-515.

[3] ASHRAE. ASHRAE handbook - 2005 Fundamentals[M]. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers,2005.

[4] 张 玲,汤广发,陈友明,等. 一种测定建筑墙体外表面换热系数的实验方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2001,28(3):102-107.

[5] 张文武. 城市不透水表面对流换热系数的实测和模拟研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.

[6] Causone F, Corgnati S P, Filippi M, et al. Experimental evaluation of heat transfer coefficients between radiant ceiling and room [J]. Energy and Buildings, 2009, 41(6):622-628.

[7] 章熙民,任泽霁,梅飞鸣. 传热学[M]. (第五版)北京:中国建筑工业出版社,2007.