

基于层次分析法的水利水电工程 A.D. HALL 系统风险评估方法研究

李芬花¹, 纪昌明¹, 刘元², 邢健¹

(1. 华北电力大学 可再生能源学院, 北京 102206;

2. California Institute of Technology, Pasadena, California 91125 - 8700)

摘要: 采用层次分析法对水利水电 A.D. HALL 系统进行分析, 确定了 A.D. HALL 系统中各因素的风险对大系统风险的影响, 构建了水利水电 A.D. HALL 矩阵的层次模型。在此基础上通过层次分析法, 构建了水利水电 A.D. HALL 大系统中的目标层、准则层、方案层, 把水利水电建设过程中每一个阶段的风险进行整合, 最后通过对水利水电系统 A.D. HALL 的风险评估, 达到评估整个水利水电工程系统的目的, 从而解决了对水利水电 A.D. HALL 大系统整体风险的评估的问题。

关键词: 大系统理论; A.D. HALL 理论; 水利水电 A.D. HALL 三维结构图; 层次分析; 风险评估

中图分类号: TV51

文献标识码: A

文章编号: 1000-0860(2010)03-0050-03

Study on AHP-based risk assessment method of A.D. HALL system for water resources and hydropower project

LI Fenhua¹, JI Changming¹, LU Yuan², XING Jian¹

(1. School of Energy and Power Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. California Institute of Technology, Pasadena, California 91125 - 8700, USA)

Abstract: Based on analytic hierarchy process (AHP), A.D. HALL system for water resources and hydropower project is analyzed and the impacts from the risks of all the factors on the risk of a large-scale system are defined, and then a hierarchical model of A.D. HALL matrix is established. On the basis of this, the object layer, criterion layer and scheme layer within the large-scale system of A.D. HALL are constructed and the risks from all the phases of the construction process are integrated. Finally, the target of assessing the whole system of the water resources and hydropower project is got through the risk assessment made on the A.D. HALL system for water resources and hydropower project, consequently, the problems from the assessment made on the integrated risk of A.D. HALL large-scale system for water resources and hydropower project is solved as well.

Key words: large-scale systems theory; A.D. HALL theory; water conservancy and hydropower three-dimensional structure of A.D. Hall; analytic hierarchy process (AHP); risk assessment

1 研究背景

水利水电工程的建设过程, 需要的时间比较长, 一般几年或者十几年, 有的时间会更长。水利水电工程涉及的知识面非常宽, 在水利水电工程选址、立项和施工建设过程中, 经常会受到多种因素的影响和干扰, 而这些因素又大多具有相当的不确定性。因此, 在水利水电工程的完成过程中要学会识别风险,

设法控制风险, 同时也要尽量规避风险, 以提高水利水电工程质量, 保证其完工以后能够顺利运行, 为国民经济发展贡献力量^[1-2]。

水利水电工程完工以后, 工程是否存在着风险,

收稿日期: 2009-10-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50579019)。

作者简介: 李芬花 (1965—), 女, 河南安阳人, 副教授。

工程整体风险的在哪里,这是水利水电工程建设完工以后人们普遍关心的问题。对水利水电工程建设的风险评估,目前常见的是在水利水电工程建设的某一个阶段进行的,比如设计阶段存在的风险问题、大坝安全问题、电站安全性问题等。但是对于建设完成的水利水电系统,目前还没有看到关于整个系统的风险评估方法,本文采用大系统理论中的 A.D. HALL 理论将水利水电工程建设的整个过程用一个 A.D. HALL 三维结构图来表示,通过对 A.D. HALL 三维结构的每一个小的单元进行风险评估从而得出水利水电系统存在的风险。这样对已经完工建成的水利水电系统有一个总体风险评估的依据,并对系统的整体安全风险采用层次分析法进行评估,使得水利水电工程这个大系统有一个相对定性的安全评估准则,达到评估水利水电工程整体风险程度的目的。

2 水利水电工程 A.D. HALL 系统三维结构图

在水利水电工程 A.D. HALL 三维结构图中时间维包括 5 个阶段,分别为勘测阶段、规划阶段、设计阶段、施工阶段、运行管理阶段。逻辑维有 7 个阶段,分别为明确问题、选定目标、方案综合、系统分析、方案选择、决策阶段、设计阶段。知识维有 3 个单元,分别是专业知识、水工规范、合同管理。

三维结构图是由一个一个的小单元组成的。每个小单元都代表了水利水电工程建设。通过上面的时间维、逻辑维和知识维构建了如图 1 所示的水利水电 A.D. HALL 系统三维空间结构图。在这个水利水电 A.D. HALL 系统三维空间结构图中,任何一个小单元的变化都引起整个系统的变化,于是可以形成不同的水利水电 A.D. HALL 系统三维空间结构图,通过对不同的水利水电 A.D. HALL 系统三维空间结构图的风险分析,可以最终选择出系统风险最大和系统风险最小的方案,从而完成水利水电大系统的风险评估,达到选择相对小的风险方案作为水利水电工程建设的相对优化的方案。

3 水利水电 A.D. HALL 系统结构的风险评估方法

层次分析的原理是处理定性与定量相结合的问题的一种可信思维方法,通过确定评价目标和评价准

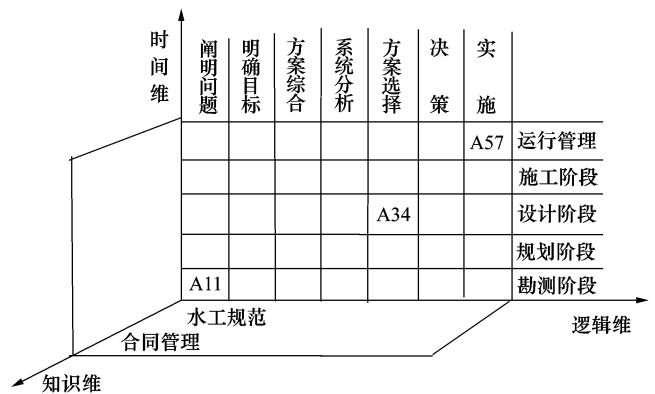


图 1 水利水电 A.D. HALL 大系统三维结构图

则对多因素、多准则、多方案的项目进行评估并决策^[3-4]。对于水利水电工程 A.D. HALL 系统同样也存在着整个系统的风险评估问题,选择最小的风险系统方案是水利水电工程进行风险评估的目标,而影响整个水利水电工程系统的风险因素就是图 2 中水利水电工程 A.D. HALL 矩阵中的 35 个因素。下面通过层次分析原理构建水利水电系统 A.D. HALL 层次结构模型。

首先,构建水利水电系统 A.D. HALL 层次结构模型(见图 2),为了便于分析问题将 A 层简化为准则层,构建的水利水电 A.D. HALL 层次结构模型见图 3。

第二,按照两两因素比较确定标度的方法,构建准则层五要素的 5×5 判断矩阵。判断矩阵以上层的某一要素 H_i 作为判断标准,对下层要素进行两两比较确定的元素,判断矩阵中的元素 a_{ij} 表示从判断准则,且

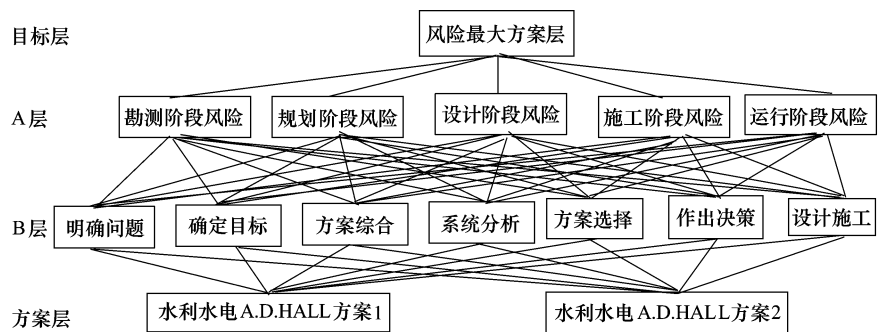


图 2 水电 A.D. HALL 系统层次结构模型

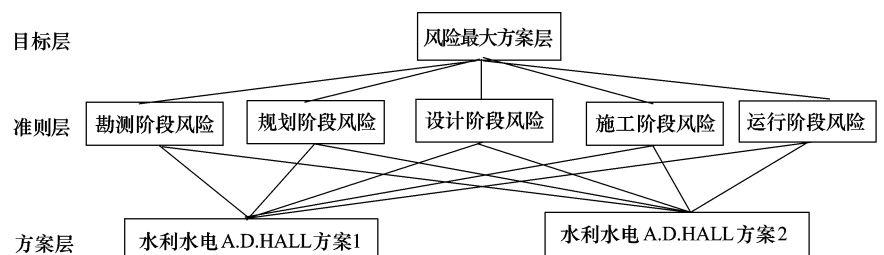


图 3 水电 A.D. HALL 系统层次结构简化模型

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \quad (i=1, \dots, 5; j=1, \dots, 5) \quad (1)$$

表 1 H_s 准则下有 5 阶判断矩阵 A (a_{ij}) 5 ×5

H _s	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
A ₁	1	1/a ₂₁	1/a ₃₁	1/a ₄₁	1/a ₅₁
A ₂	a ₂₁	1	1/a ₃₂	1/a ₄₂	1/a ₅₂
A ₃	a ₃₁	a ₃₂	1	1/a ₄₃	1/a ₅₃
A ₄	a ₄₁	a ₄₂	a ₄₃	1	1/a ₅₄
A ₅	a ₅₁	a ₅₂	a ₅₃	a ₅₄	1

表 2 i, j 两个因素之间的相互关系的重要程度

定义 (a _{ij})	标度
i 因素比 j 因素绝对重要	9
i 因素比 j 因素重要的多	7
i 因素比 j 因素重要	5
i 因素比 j 因素稍微重要	3
i 因素比 j 因素同样重要	1
i 与 j 两个因素重要性介于上述两个相邻判断尺度中间	2、4、6、8

确定项目风险要素的相对重要度——A_i 关于 H_s 的权重 W_i, 计算判断矩阵 A 的特征向量 W (可用方根法或和积法), 将判断矩阵每一列规范化, 求出一个新的 n ×n 矩阵

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{5} \quad i, j = 1, \dots, 5 \rightarrow$$
$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 1 & \bar{a}_{11} & \dots & \bar{a}_{11} \\ \bar{a}_{11} & 1 & \dots & \bar{a}_{11} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ \bar{a}_{11} & \bar{a}_{11} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

将矩阵中每一项除以相应列之和, 将规范化后的矩阵按行相加, 构造水利水电 A.D. HALL 系统向量矩阵。

通过上面的分析可以计算出水利水电 A.D. HALL^[5-6]大系统方案 1 和方案 2 之间的风险的

大小, 从而确定选择的方案。

4 结 论

为了能够评估水利水电 A.D. HALL 大系统的风险, 将各影响因素的风险引入到水利水电大系统中去, 本文基于层次分析法构建了水利水电 A.D. HALL 大系统层次结构模型, 并通过判断矩阵等分析对水利水电 A.D. HALL 大系统的风险进行了评估, 提出一种水利水电大系统风险分析的方法, 为水利水电工程风险风险评估提供理论依据及决策方法。

参考文献:

[1] 王宏硕, 翁情达. 水工建筑物 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.

[2] 冯尚友. 水资源系统工程 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1990.

[3] 余建星, 蒋旭光, 练继建. 水资源优化配置方案综合评价的模糊熵模型 [J]. 水利学报, 2009, 40 (6): 16-25.

[4] 顾文权, 邵东国, 黄显峰. 水资源优化配置多目标风险分析方法研究 [J]. 水利学报, 2008, 39 (6): 339-345.

[5] 李芬花, 纪昌明, 陈守和. 水利水电工程霍尔三维结构图的研究 [J]. 水利水电技术, 2006, 37 (12): 27-30.

[6] 纪昌明, 李芬花, 王晶. 基于大系统 A.D. HALL 矩阵理论的水利水电系统工程研究 [J]. 水利水电技术, 2008, 39 (7): 39-42.

[7] 宋健. 钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[8] Hall A D. A Methodology for Systems Engineering [M]. Van Nostrand, Princeton, N.J., 1962.

[9] Sage A P. Systems Engineering: Methodology and Applications [M]. IEEE Press, New York, 1977.

[10] Tsien. HS: Similarity laws of hypersonic flows [J]. J. Math. Phys, 1946 (25): 247-251.

[11] R. E. Machol. Handbook of Systems Engineering [M]. Mc - Graw - Hill, New York, 1965.

[12] 钱学森. 工程控制论 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.

(责任编辑 陈小敏)

· 简 讯 ·

王光谦受聘为黄河水沙研究首席专家

中国科学院院士王光谦被正式聘请为黄河水沙研究首席专家。黄河是一条多泥沙河流, 其增水、减沙、调水调沙的治理途径, 以及黄河的洪水管理都与泥沙密不可分。王光谦是研究泥沙基本颗粒运动和流域尺度动力学模型的专家, 非常适合大尺度的黄河泥沙研究领域。他这次与黄委携手, 将提高黄委在流域尺度及水沙运动基本规律方面的研究水平。同时, 清华大学的科研力量、科研水平也将带入生产单位的研究领域, 大大提升黄河泥沙处理和泥沙研究方面的技术能力。

王光谦对自己能够被聘请为黄河水沙研究首席专家感到非常荣幸, 他希望能够将清华大学的理论研究优势同黄委治

理开发与管理黄河的实践优势紧密结合在一起, 为黄河的长治久安做出新的贡献。

王光谦主要从事泥沙学科与江河治理研究工作, 建立了水沙两相流动力学模型, 得出泥沙颗粒浓度分布及速度分布公式, 揭示了泥沙颗粒运动与清水湍流的不同特性; 建立了流域泥沙动力学模型, 实现了河道与流域过程的耦合, 将泥沙研究从河流拓展到流域尺度。其研究成果应用于黄河治理、长江三峡泥沙等关键技术领域, 曾获国家科技进步一、二等奖等多项奖励。

(摘自“中国水利 国际合作与科技网”2010年 3 月 3 日)