

文章编号:1005-0523(2013)06-0067-05

德尔菲法在水利枢纽工程景观桥方案比选中的应用

余少华,吴廷楹

(江西省交通设计研究院有限责任公司,江西 南昌 330002)

摘要:对于交通系统外的行业,设计人员对其行业特点、要求了解较少,要使设计方案能体现行业特性迅速得到其认可通常比较难。提出利用德尔菲法优选桥梁方案的新方法。以峡江水利枢纽坝顶景观桥为例,聘请15位水利系统的专家,经过两轮征询,在满足功能要求前提下,对桥梁设计方案的结构安全、施工难度、后期管护、工期、造价、景观效果等6项方案优选的权重进行了研究,通过定权求和得到方案的优劣排序。方案比选结果表明:优选出的方案符合业主要求,并兼顾了实际情况,节省了前期设计周期。

关键词:景观桥;方案比选;德尔菲法

中图分类号:U422.5+4

文献标志码:A

峡江水利枢纽工程位于江西省赣江中游峡江县老县城(巴邱镇)上游峡谷河段,是一座以防洪、发电、航运为主,兼有灌溉、供水等综合利用功能的大(一)型水利枢纽工程。枢纽主要建筑物有混凝土泄水闸、混凝土重力坝、河床式厂房、船闸、左右岸灌溉进水口及鱼道等等。其中,坝顶拱形景观桥是峡江枢纽工程右岸的附属工程,为跨越船闸段而设的一座桥,需要在满足船闸内船舶通航的净空、净高要求的同时,用于水利枢纽工程左、右岸坝顶枢纽工程内部管理交通通行要求,因为桥梁位于坝顶,且作为近年来江西省最大的水利工程,该桥的景观要求高。

由于桥梁专业设计人员对水利行业的特点、要求了解甚少,桥梁设计需要考虑的影响因素多,因此,本桥方案选择的过程利用德尔菲法进行。

1 德尔菲法应用步骤

德尔菲法(Delphi Method),又称专家规定程序调查法。该方法主要是由调查者拟定调查表,按照既定程序,以函件的方式分别向专家组成员进行征询;而专家组成员又以匿名的方式(函件)提交意见。经过几次反复征询和反馈,专家组成员的意见逐步趋于集中,最后获得具有很高准确率集体判断结果。其应用的具体步骤(见图1)如下:第一步,成立方案评审小组,确定预测主题,选择和组织应答专家;第二步,提出若干问题,并设计调查表;第三步,组织答询并实行多次反馈;第四步,对最后一轮调查的结果进行必要的分析和数据处理,并得出评价、预测结果或结论。

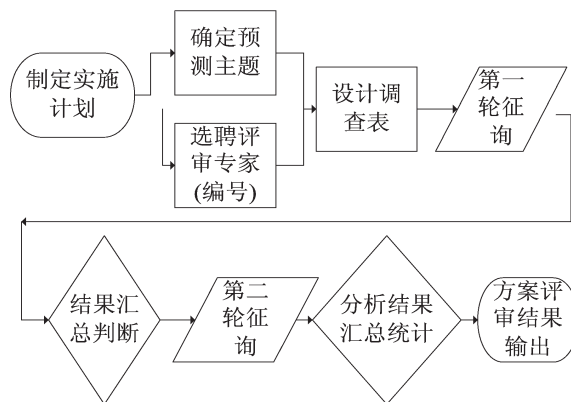


图1 组织框图
Fig.1 Organization diagram

收稿日期:2013-10-08

作者简介:余少华(1975—),男,高级工程师,硕士,研究方向为路桥咨询设计监理等。

1.1 选择方案评审专家

按照德尔菲法要求,参与调查的专家要具有与调查内容有关的专业知识或工作经历,具有应答调查的时间和责任感,要包含技术专家与管理专家,专家的人数依课题性质和规模而定,一般的人数范围是10~20人。本次桥梁方案选择选择水利系统中岩土、地质、结构、监理和建造方面的专家15人。

1.2 设计专家调查表

在设计寻求专家帮助的调查表时,主要是提出桥梁设计的关心问题,表格应设计简单不产生歧义,由专家一问一答。具体实施时也可采用函询方式,利用现代物流通信方式,快速获得专家的响应。

1.3 专家意见的统计分析

在进行统计分析时,一个重要理论依据是专家意见的概率分布一般要符合或接近正态分布。

1.3.1 专家意见的集中程度

专家意见的集中程度评价有3个指标:算数平均值 m_j 、满分频率 K_j 、评价等级和 S_j 。

1) 算数平均值 m_j

$$M_j = \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} C_{ij}$$

式中: m_j 为对 $j(j=1, 2, \dots, n)$ 方案全部评价的算术平均值; m_j 为参加 j 方案评价的专家数; C_{ij} 为第 $i(i=1, 2, \dots, m)$ 个专家对第 j 个方案的评分值。

m_j 的值越大,则方案的相对重要性越大。

2) 满分频率 K_j

方案的满分频率是指对方案给满分(100分)的专家数与对该方案作出评价的专家总数之比。计算公式为

$$K_j' = m_j' / m_j$$

式中: K_j' 为 j 方案的满分频率, m_j' 为对 j 方案给满分的专家数; m_j 为参加 j 方案评价的专家数; K_j' 的值为0~1, K_j' 越大,表明对 j 方案给满分的专家人数相对越多,即方案的相对重要性越大。

3) 评价等级和 S_j

$$S_j = \sum_{i=1}^{m_j} R_{ij}$$

式中: S_j 为对 j 方案的评价等级和, R_{ij} 为第 i 个专家对第 j 个方案的评价等级, S_j 的值越小,方案的相对重要性越大。

评价等级即名次,一般用自然数1,2,3...来表示,1等级最高,2等级次之,3等级更次之...以此类推。方案的评价等级和是专家对方案作出评价的评价等级的算术和。

1.3.2 专家的积极系数

专家积极性系数用以表示专家对某方案的关心程度,一般用参与某方案评价的专家人数与专家总数的比值来表示,即

$$C_{aj} = m_j / m$$

式中: C_{aj} 为 j 方案的专家积极性系数; m_j 为参加 j 方案评价的专家数; m 为专家总数。

1.3.3 专家意见的协调系数

专家意见的协调程度反映专家意见的收敛情况,通常用变异系数(coefficient of variation)来表示。

变异系数 V_j 反映了全部专家对 j 方案相对重要性评价的相对离散程度,亦即协调程度,计算公式为

$$V_j = \frac{\sigma_j}{M_j} \sigma_j = \sqrt{\frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} (C_{ij} - M_j)^2}$$

式中: σ_j 为全部专家对 j 方案评价的标准差。 V_j 的值越小,表明专家意见的协调程度越高,收敛性越好。

2 应用实例介绍

峡江水利枢纽工程坝顶船闸跨径 23 m,通航高程控制 56 m。跨越船闸跨径为主跨,船闸两侧为实体坝,副孔均可用常规梁桥形式通过。

2.1 评价指标筛选

因桥梁建于坝顶至上,桥梁荷载传递于大坝,下部构造只涉及桥墩,桥梁方案选择上主要考虑因素为景观要求、经济性和两侧联通道路的接顺等,可能采用的桥梁方案有:等截面箱梁、变截面箱梁、坡拱、板肋拱和刚架拱等,不同的桥型有不同的适用条件和优缺点。项目组设计人员根据以上情况提供了等截面箱梁、变截面箱梁、板肋拱 3 种桥型,同时选择了结构安全、施工难度、后期管护、工期、造价、景观效果等 6 个指标作为选择方案的评价指标。3 种桥型的指标比较情况以及设计师按交通系统常规标准对指标的量化情况(6 项指标之间相关程度的指标,即相关系数)详见表 1、表 2。

表 1 桥型方案指标比较				表 2 桥型方案评价指标量化(比值)			
Tab.1 Index comparison of bridge project				Tab.2 Quantitative evaluation index of bridge project			
评价指标	等截面箱梁	变截面箱梁	板肋拱	评价指标	等截面箱梁	变截面箱梁	板肋拱
结构安全	一般	很好	一般	结构安全	1	1.2	1
施工难度	较小	一般	较大	施工难度	1.2	1.1	1
后期养护	简单	简单	复杂	后期养护	1	1	0.9
工期/天	180	210	280	工期/天	1.555	1.333	1
造价/万元	400	520	600	造价/万元	1	0.77	0.67
景观效果	一般	较好	很好	景观效果	0.9	1.1	1.2

2.2 征询意见具体实施方法

要最终敲定水利系统专家青睐的桥型方案,关键在于确定该 6 个指标对方案的影响程度,也就是确定指标的权重。为此,本项目聘请了 15 名水利系统专家,利用德尔菲法两轮征询意见分析确定。在征询表中请参评专家用最 重要,很重要,重要,一般,不重要 5 种语言判断,用对应的数值 5,4,3,2,1 来赋值打分。当考虑因素介于两个等级之间时,取这两者之间的中值。进行征询意见统计分析时,对于采用等级赋值的量化评价方法来说,一般认为当 $\sigma \leq 0.5$ 时表示上下只有半级以内偏差,可认为意见比较集中,不必再征询。

2.3 第一轮征询情况及分析

第一轮经上述统计方法统计情况如下表 3。

表 3 第一轮征询数据统计分析							
Tab.3 The first round of consultation data statistical analysis							
评价指标	专家意见所占比例/%					均值 M_j	标准差 σ_j
	最重要	很重要	重要	一般	不重要		
结构安全	71.2	24.2	4.6	0	0	4.4	0.53
施工难度	11.2	42.5	26.4	17.7	2.2	3.0	1.03
后期养护	0	29.7	47.1	14.5	8.7	2.3	0.90
工期	34.8	36.7	22.8	3.8	1.9	3.5	1.01
造价	0	32.1	41.3	23.9	2.7	2.5	0.92
景观效果	59.0	36.3	4.7	0	0	4.3	0.58

从统计结果可以看出,6 项指标标准差在 0.53~1.03 之间,其中结构安全和景观效果专家意见基本集中一致,其余 4 个指标意见分散,没有达到可以采用的程度,有必要进行信息反馈,再次征询。

2.2 第二轮征询情况及分析

将上表3统计数据四项指标意见分散的情况反馈给了各位专家之后,项目组重新进行第二次征询。第二次征询结果统计分析后见表4。

表4 第二轮征询数据统计分析

Tab.4 The second round of consultation data statistical analysis

评价指标	专家意见所占比例/%					均值 M_j	标准差 σ_j
	最重要	很重要	重要	一般	不重要		
结构安全	71.2	28.8	0	0	0	4.4	0.48
施工难度	0	66.3	29.7	4.0	0	3.3	0.55
后期养护	0	39.6	55.7	4.7	0	2.8	0.51
工期	0	66.1	33.9	0	0	3.4	0.48
造价	0	25.3	69.8	4.9	0	2.7	0.50
景观效果	82.2	17.8	0	0	0	4.5	0.37

第二轮征询的专家意见集中度比较高,且均值也与等级比较符合,可以停止征询。当然,德尔菲法应用过程中,也有可能出现第二轮意见集中度不理想的情况,这就需要进行第三次或更多次的征询,多次征询后仍然意见分散的情况下,可以采用建立专家意见集成模型来处理^[3]。

2.3 应用权值进行方案排序

根据表4的专家征询意见评价均值进行权值排序,给最不重要的造价指标的权值赋值为1,因此,该6项指标权值依次为1.596,1.219,1.032,1.251,1.0,1.637。将以上权值与表2相乘,三个方案的综合评分结果如表5。

由此可知,实际上,等截面箱梁和变截面箱梁综合评价差距不大,变截面箱梁得分最高景观效果好,结构安全,优先推荐。

2.4 开展方案比选

得到专家优选的桥梁方案后,设计项目组以变截面箱梁为主开展下一步方案的设计细化工作,当年12月,在工程指挥部现场的方案汇报会上该方案获得一次通过,项目直接进入了一阶段施工图,节省了初步设计的方案比选时间,最终推荐方案的效果图2。

表5 桥型方案评价指标量化情况(比值)

Tab.5 Quantitative evaluation cases of bridge project

评价指标	等截面箱梁	变截面箱梁	板肋拱
结构安全	1.596	1.915	1.596
施工难度	1.463	1.341	1.219
后期养护	1.032	1.032	0.928
工期	1.945	1.667	1.251
造价	1.000	0.770	0.670
景观效果	1.474	1.801	1.965
合计评分	8.509	8.526	7.629



图2 变截面箱梁效果图

Fig.2 Effect diagram of variable cross section box beam bridge

3 结语

通过本次的桥梁方案比选,我们可以发现德尔菲法可以很好地融合交通内外行业的专家意见,对方案

作出评价,优选出的方案符合业主要求,并兼顾了实际情况,节省了前期设计周期。

不过,应用德尔菲法时我们也发现,专家意见集合通常比较困难,大多数情况下需要多轮征询,费时较长。若专家意见分歧较大,难于协调,就需借助构建专家意见可靠度函数来综合协调各个专家的意见。另外,本项目中简化了交通系统内对6项指标的量化过程,该过程也可以用德尔菲法取得。

参考文献:

- [1] 欧俊峰. 白水江干流梯级水电开发方案决策分析 [D]. 长沙:国防科学技术大学研究生院,2008:53-55.
- [2] 沈要光. 城市地铁线路方案比选问题的研究 [J]. 现代交通技术,2011,8(11):86-88.
- [3] 田军,张朋柱,王刊良,等. 基于德尔菲法的专家意见集成模型研究 [J]. 系统工程理论与实践,2004(1):57-62,69.
- [4] 蒲鹏飞,逯静等. 基于德尔菲法和层次分析法相集成的火电工程招标评审综合评价 [J]. 勘测设计,2009(2):8-12.
- [5] 王春枝,斯琴. 德尔菲法中的数据统计处理方法及其应用研究 [J]. 内蒙古财经学院学报:综合版,2011,9(4):92-96.
- [6] 易静,胡代玉,杨德香,等. 德尔菲法在肺结核发病影响因素筛选中的作用 [J]. CGP Chinese General Practice, 2012, 15(5):1492-1494.
- [7] 许士国,石瑞花,黄保国,等. 平原河道生态护坡工程评价和方案决策方法 [J]. 水利学报,2008,39(3):325-331.
- [8] 李安云. 层次分析法在工程项目风险管理中的应用 [J]. 重庆科技学院学报,2005(3):55-59.

Application of Delphi Method in Landscape Bridge Project Selection of Water Conservancy Hub

Yu Shaohua, Wu Tingying

(Communications Design Institute Co., Ltd. of Jiangxi Province, Nanchang 330002, China)

Abstract: For designers often find themselves knowing less about characteristics and requirements of industries outside transportation field, it's difficult for such designs with the relevant industrial features to be accepted easily. This paper proposes a new means of Delphi method in the project selection of landscape bridge project. It takes Xiajiang water conservancy hub landscape bridge project as an example and hires 15 experts from water conservancy system for two rounds of consultation. On the premise of meeting the functional requirements, the six items of project selection including the structural safety of bridge design, construction difficulty, later management, schedule, cost, landscape effect are studied and then the right projects are put in order by weighted sum. The results of project selection show that the selected project meets the needs, takes the actual situation into consideration and shortens the early stage of the design cycle as well.

Key words: landscape bridge; project selection; Delphi method