

基于模糊一层次熵权法的改扩建工程 人工功效估算研究^{*}

杨玉胜, 何平

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 施工功效问题在工程项目实施过程中客观存在且备受争议。文中考虑改扩建工程施工特点, 以人工功效降低为研究对象, 建立了高速公路改扩建工程人工功效影响因素层次结构, 构建了改扩建工程人工功效影响因素对比估算系数模型, 采用 AHP—熵权法和模糊综合评价法对人工功效系数进行估算, 用数据客观地体现改扩建工程人工功效降低问题。

关键词: 工程管理; 高速公路; 改扩建工程; AHP—熵权法; 人工功效系数; 估算模型

中图分类号: U415.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)01-0197-04

高速公路改扩建工程相对于新建工程而言, 其交通组织、施工方案、施工效率、施工措施、施工工期、施工场地等存在很大区别。改扩建施工方式与新建方式相比, 在不影响路网布局、经济发展规划的前提下, 既要能满足道路功能要求, 又要充分利用现有旧路资源, 施工组织、交通组织难度相对较大, 而且改扩建路段对周边的环境和经济影响很大, 需协调的关系复杂。因工程施工条件变化引起施工方案调整常会引起施工效率降低, 进而导致成本增加, 由此产生承包商索赔问题。如何计算由施工效率损失而导致的索赔补偿是一个很棘手的问题, 而这类问题在高速公路改扩建工程建设中屡见不鲜。施工效率索赔并不全部具有合同依据, 功效损失的量化尚未有明确规定, 目前缺乏易于接受的科学合理的计算方法。一般按照施工行为主体, 功效问题可大致分为人工功效和机械功效两大方面。该文以人工功效为研究对象, 运用模糊一层次熵权法研究高速公路改扩建工程的人工功效系数, 以客观反映工程人工定额的消耗水平, 确定人工消耗量系数。

1 人工功效

施工过程中, 人工在高速公路改扩建工程复杂的施工环境下的实际有效工作不能达到 2009 版《公路工程施工定额》的工作效率, 由此所造成的人工效率下降的客观现象称为人工降效。人工在改扩建施工环境下完成的工作量与在定额规定的标准环境下

完成的定额产品数量的比率称为人工降效率。人工降效系数是指定额单位时间完成的工作量与实际施工情况下单位时间完成的工作量之比。人工功效问题往往被归纳到施工生产效率中进行研究, 如卢洋阐述了施工效率损失的定义及成因, 并针对施工生产的特点提出了相应施工效率损失量化的计量途径, 其中学习遗忘曲线法可体现工程量的变化对单位工时和成本的影响, 反映人工生产效率损失问题; 张春影等提出效率损失应优先采用 MM 法, 并对其进行修正, 分析了非正常状态下的生产效率损失成本; 洪微分析了施工生产率降低的成因, 考虑劳动率的损耗, 提出了工效降低导致工程延期的基本参数; 杨晓概述了施工劳动生产率的相关概念及构成, 提出测算劳动生产率的方法有参数法、非参数法和原子论法等, 但缺乏对工效量化的针对性研究。目前对于施工生产效率问题已有一定研究, 但对于人工功效问题的研究较少。该文使用模糊一层次熵权法模型对改扩建工程中的人工降效问题进行研究。

2 模糊一层次熵权法模型

2.1 以人工功效为目标对象的模糊层次估算模型

(1) 建立目标对象层次结构, 即目标层、指标层及方案层。首先确定因素域, 设 U_1 有 n 个元素, 则影响因素集合 $U_1 = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 。由于改扩建工程施工环境复杂、变更频繁, 人工在高速公路改扩建工程施工的复杂工作环境下生产效率下降(人工功

^{*} 基金项目: 广东省交通运输厅科技计划项目(2012-02-071)

效降低)十分常见,通过问卷调查和专家讨论,结合层次分析法和主层次分析法综合分析,建立人工功效影响因素对比估算系数层次结构(见图1)。

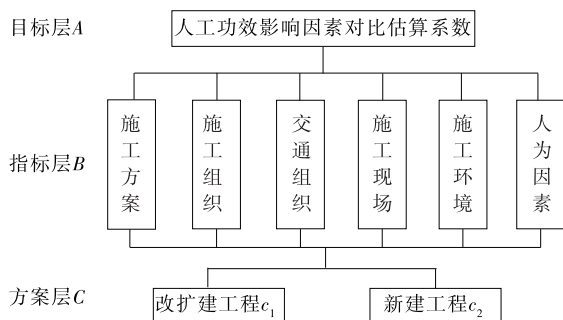


图1 人工功效影响因素对比估算系数层次结构

(2) 确定权重,并进行一致性检验。通过专家打分,经处理后构造判断矩阵,并转化为模糊互补判断矩阵。设 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 为模糊互补判断矩阵, $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 为 A 的排序向量,则 W 满足:

$$W_i = 1/n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} + 1 - n/2 \right) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

通过一致性检验的界定标准为 $\sum_{j=1}^n a_{ij} > n/2 - 1$,若满足,则可直接用公式求权重向量;若不满足,说明该模糊判断矩阵不具有-致性,需进行修改。

2.2 建立专家自身权重的熵模型

设 S_1, S_2, \dots, S_m 为 m 个评价专家,其构成评价专家组 G 。 B_1, B_2, \dots, B_n 为 n 个待评价目标。 $x_{ij} (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 个评价专家对第 j 个评价目标的评分值;用评价向量 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T \in E^n$ 表示专家在某一过程的评价结果,则由评价向量构成的矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 即为专家组的评价结果。并且认为最优专家 S_* 的评价具有最高-致性,与之相对应的评分向量用 $x_* = (x_{*1}, x_{*2}, \dots, x_{*n})$ 表示。通过比较各专家的评分结果,分析选定的最优专家 S_* 之间评分结果的差异大小,以此来度量专家评价水平的优劣程度。设专家评价水平向量为:

$$E_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in})$$

式中: $e_{ik} = 1 - |x_{ik} - x_{*k}| / \max x_{ik} (i=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, j)$,反映专家 S_i 对评价目标 B_1, B_2, \dots, B_n 所作评价结果的水平。

由此建立基于熵的专家评价结果评定模型:

$$H_i = \sum_{j=1}^n h_{ij}$$

$$h_{ij} = \begin{cases} -e_{ij} \ln e_{ij}, & 1/e \leq e_{ij} \leq 1 \\ 2/e - e_{ij} |\ln e_{ij}|, & 0 < e_{ij} < 1/e \\ i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \end{cases}$$

在该模型的运用过程中,以专家对既定问题给出评价结果的不确定性为基准点,用熵值 H_i 来衡量其评价水平, H_i 越大,专家评价水平越低,可信度越低,两者成反比关系。

在各目标评价过程中,各专家自身所对应的权重可用下式表示:

$$c_i = (1/H_i) / \sum 1/H_i \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

式中: c_i 表示在目标评价结果中专家 i 的意见所占的比重, c_i 越大,比重越大。

2.3 确定组合权重

(1) 以层次分析法(AHP)计算出的权重作为指标主权重。设第 j 个专家给出的指标主权重向量 $W_j = (w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jn})^T$,满足 $0 < w_{ji} < 1$,且 $\sum_{i=1}^n w_{ji} = 1 (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。

(2) 以熵权法计算的权重作为专家自身权重。设专家自身权重向量 $S = (S_1, S_2, \dots, S_m)^T$,满足 $0 < S_j < 1, \sum_{j=1}^m S_j = 1 (j=1, 2, \dots, m)$ 。剔除权重极小的专家意见,并将其他专家意见的权重归一化。

(3) 将上述指标主权重与专家自身权重进行加权融合,得到评价指标的组合权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, $w_i = \sum_{j=1}^m w_{ji} \times S_j$,满足 $0 < w_i < 1, \sum_{i=1}^n w_i = 1 (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。

3 基于模糊一层次熵权法的人工功效系数计算模型

鉴于改扩建工程施工的复杂性、人工功效问题的难确定性,运用模糊一层次熵权法计算改扩建工程人工功效系数的关键在于消耗量对比估算系数的确定。下面以广清(广州—清远)高速公路改扩建工程为例,考虑影响改扩建工程施工功效的因素,结合层次熵权法,利用专家经验及模糊数学公式将各影响因素量化,对消耗量对比估算系数进行分析,并与新建工程对比,通过调整二者之间的差异,建立模糊层次估算模型。

(1) 确立评价因素集合。设 $U_1 = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6\}$,其中: u_1 为施工方案, u_2 为施工组织, u_3

为交通组织, u_4 为施工现场管理, u_5 为施工环境, u_6 为人为因素。方案层的对比方案有改扩建工程和新建工程, 即方案集合 $U_2 = \{u_1, u_2\}$ 。

(2) 建立评价集。确定评价集 V_1 、 V_2 。邀请数位专家作为评价人员, 将方案层相对于指标层的重要性进行比较并量化, 根据量化结果建立模糊判断矩阵。

(3) 指标权重的确定。1) 计算各指标层因素相对于目标层的权重。对人工功效系数进行分析, 邀请 5 位专家分别对施工方案、施工组织、交通组

织、施工现场管理、施工环境、人为因素进行评分, 得到准则层各影响因素的权重系数(见表 1)。2) 计算专家自身权重。根据以上层次熵权法的计算步骤求各专家的自身权重, 结果见表 2。3) 计算指标层组合权重。将人工功效系数层次结构中指标层各指标的主观权重与专家自身权重进行加权融合, 得到指标层的组合权重[见式(1)]。4) 人工降效系数计算。按上述方法计算方案层的各权重, 求得方案层对于目标层的组合权重, 最终计算出人工降效系数。人工功效系数层次结构各评价指标权重见表 3。

表 1 准则层各影响因素的权重系数

专家	权重系数 $W_j^{(i)}$						一致性判断
	施工方案 $W_1^{(i)}$	施工组织 $W_2^{(i)}$	交通组织 $W_3^{(i)}$	施工现场管理 $W_4^{(i)}$	施工环境 $W_5^{(i)}$	人为因素 $W_6^{(i)}$	
专家 D_1	0.188 9	0.194 4	0.161 1	0.155 6	0.150 0	0.150 0	满足
专家 D_2	0.184 4	0.195 5	0.162 0	0.156 4	0.150 8	0.150 8	满足
专家 D_3	0.200 0	0.155 6	0.227 8	0.138 9	0.150 0	0.127 8	满足
专家 D_4	0.206 7	0.156 4	0.217 9	0.139 7	0.150 8	0.128 5	满足
专家 D_5	0.202 2	0.157 3	0.219 1	0.140 4	0.151 7	0.129 2	满足

表 2 专家自身权重计算结果

专家	专家水平向量 E_i						熵值 H_i	权重 c_i
	施工方案	施工组织	交通组织	施工现场管理	施工环境	人为因素		
专家 D_1	0.963 7	0.884 4	0.839 8	0.939 9	0.995 4	0.915 8	0.434 3	0.161 4
专家 D_2	0.941 9	0.878 8	0.843 7	0.934 8	0.999 3	0.910 5	0.462 4	0.151 6
专家 D_3	0.982 6	0.917 1	0.867 4	0.953 3	0.995 4	0.937 0	0.331 1	0.211 8
专家 D_4	0.950 2	0.921 2	0.910 9	0.958 4	0.999 3	0.941 6	0.307 1	0.228 3
专家 D_5	0.971 9	0.925 8	0.905 6	0.962 9	0.993 4	0.946 3	0.284 0	0.246 9

表 3 人工功效系数层次结构各评价指标权重计算结果

总目标层	准则层权重计算结果		方案层权重计算结果	
	指标	权重	指标	权重
人工降效系数	施工方案	0.197 9	改扩建工程 c_1	0.568 7
			新建工程 c_2	0.431 3
	施工组织	0.168 5	改扩建工程 c_1	0.556 2
			新建工程 c_2	0.443 8
	交通组织	0.202 6	改扩建工程 c_1	0.519 6
			新建工程 c_2	0.480 4
	施工现场管理	0.144 8	改扩建工程 c_1	0.587 9
			新建工程 c_2	0.412 1
	施工环境	0.150 7	改扩建工程 c_1	0.548 2
			新建工程 c_2	0.451 8
	人为因素	0.135 4	改扩建工程 c_1	0.556 3
			新建工程 c_2	0.443 7

$$W_B = (0.197\ 9, 0.168\ 5, 0.202\ 6, 0.144\ 8, 0.150\ 7, 0.135\ 4)^T \quad (1)$$

指标层的权重为 W_B , 方案层的权重为 $W_C = (W_{c1}, W_{c2})^T$, 则层次组合权重为:

$$W = W_B \cdot (W_{c1}, W_{c2})^T = (1.185\ 6, 0.982\ 8)$$

人工功效系数 λ 为:

$$\lambda = (W_B \cdot W_{c1}) / (W_B \cdot W_{c2}) = 1.185\ 6 \div 0.982\ 8 = 1.206$$

4 结语

与新建工程相比, 高速公路改扩建工程无论是施工环境还是施工组织、施工管理都复杂得多, 施工功效问题客观存在, 将功效进行合理量化, 对业主方判断成本增加或承包商能否成功索赔都具有重要意义。该文采用 AHP—熵权法确定人工功效影响因

素权重及专家自身权重,结合模糊综合评价,科学、有效地对高速公路改扩建工程人工功效估算系数进行了计算,为研究类似功效问题提供参考。

参考文献:

- [1] 卢洋. 建设工程施工效率损失索赔问题研究[D].大连:东北财经大学,2013.
- [2] 张春影,辛文,高平. 施工生产效率损失索赔依据和计算方法问题研究[J].项目管理技术,2015(9).
- [3] 洪微.工程量清单计价模式下的工程项目施工索赔管理研究[D].南昌:华东交通大学,2012.
- [4] 杨晓.我国建筑施工企业劳动生产率管理模型及应用研究[D].北京:北京交通大学,2016.
- [5] 杨玉胜,王卓.基于FAHP法的公路改扩建工程预算定额编制[J].公路与汽运,2015(1).

(上接第165页)

精度,但必须对测量结果进行误差分析,以进一步定量描述测量结果的精度。

参考文献:

- [1] JTG/T J21—2015,公路桥梁荷载试验规程[S].
- [2] 吴鹏,张永水,白嵩.倾角仪在桥梁挠度测量中的应用[J].西部交通科技,2009(5).
- [3] 黄振平,杨学山.桥梁挠度的新仪器:QY倾角仪[A].结构强度、振动、测试、理论与应用学术会议论文集[C].1992.
- [4] 杨学山.工程振动测量仪器和实验技术[M].北京:中国计量出版社,2001.
- [5] 杨建春,陈伟民.连管式光电挠度测量系统及其大桥

- [6] 李永福,陈起俊,刘京明.基于西藏地区施工机械降效数据处理模型与结果分析[A].《建筑科技与管理》组委会.2012年9月建筑科技与管理学术交流会议论文集[C].2012.
- [7] 王芳.层次一熵定权的灰色关联理论在工程评标中的应用[J].河南科技大学学报:自然科学版,2011,32(4).
- [8] 雷剑.高速公路改扩建工程精细化管理关键问题研究[D].西安:长安大学,2011.
- [9] 容信茹,刘小平,方聪.改扩建工程施工成本管理浅析[J].湖南交通科技,2012,38(4).
- [10] 李纲.基于熵的建设项目风险评价专家评定模型[J].黑龙江交通科技,2010(1).
- [11] 崔钢,黄珏.高速公路改扩建工程定额测定现场的优选方法[J].项目管理技术,2013(6).

收稿日期:2016-09-24

监测应用[J].光电子.激光,2006,17(3).

- [6] 金瑞云.现代桥梁挠度测量方法简析[J].技术与市场,2009(7).
- [7] 许娅娅,秦建平.全站仪观测桥梁挠度的探讨[J].西安公路交通大学学报,1999,19(3).
- [8] 钱寅泉.中小跨径桥梁挠度测试方法比较[J].中外公路,2012,32(4).
- [9] GB 50026—2007,工程测量规范[S].
- [10] 刘山洪,耿建莉.桥梁挠度精密水准测量方法探讨[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2007,26(4).
- [11] 边育生.桥梁挠度测量新方法的探讨[J].铁道工程学报,2008(7).

收稿日期:2016-08-31

(上接第190页)

5 结语

该文结合六盘山隧道A3标段工程对水压爆破进行试验研究,结果表明:水压爆破通过水袋爆破成雾吸附粉尘,可大大降低施工现场粉尘浓度,改善隧道施工环境;将难以被压缩的水作为介质,炸药能量通过水作用在岩石上,可加强冲击波作用效果,进而提高能量利用率,减少炸药量,创造较大的经济效益;还可提高循环进尺,缩短施工时间,保障工期。总之,水压爆破是一种节能、环保的工程爆破技术。

参考文献:

- [1] 高博.隧道水压爆破表面活性剂降尘技术研究[D].北

京:中国地质大学,2015.

- [2] 徐伟.水压爆破在铺子山隧道施工中的应用[J].公路与汽运,2014(3).
- [3] 方政英.水压爆破施工应用与研究[J].中国水运,2016(5).
- [4] 乔树伟.隧道掘进水压爆破施工技术[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2016,15(1).
- [5] 丁小平,黄嫚,史宝童,等.六盘山隧道地下水水质监测与分析评价[J].环境科学与技术,2015,38(增刊2).
- [6] 王威.地铁隧道节能环保水压爆破施工技术[J].隧道建设,2015,35(增刊2).
- [7] 李庆斌.隧道掘进水压爆破技术及应用分析[J].铁道建筑技术,2013(4).

收稿日期:2016-08-15