

基于多因素分配调度的地铁施工造价控制模型

朱敏

中交第三航务工程局有限公司交建工程分公司

摘要: 由于传统模型在对地铁施工造价控制实践应用具有较高的残差, 为此提出基于多因素分配调度的地铁施工造价控制模型研究。从地铁施工造价影响因素入手, 根据地铁施工实际经验, 以工期进度偏差、施工质量偏差、市场价格偏差作为地铁施工造价控制约束参量; 以多因素分配调度理论作为理论依据, 根据对三个约束参量的分析建立控制目标函数, 计算出控制因素约束目标值; 在控制目标函数的基础上构建地铁施工造价控制模型, 模型根据设定控制系数, 对多个因素进行合理分配调度, 并且对地铁施工造价进行准确计算, 以此完成基于多因素分配调度的地铁施工造价控制。经实验证明, 此次构建模型造价计算残差低于传统模型。

关键词: 多因素分配调度; 地铁施工; 造价控制模型; 工期进度偏差; 控制目标函数

引言

地铁施工是一个比较复杂的施工项目, 其具有经历时间长、施工成本高等特点, 在施工过程中需要消耗大量的资金, 为了能够对地铁施工成本有明确的了解及预测, 在施工之前依靠模型对施工造价进行计算和模拟, 根据模型计算和模拟出来的结果对地铁施工造价进行有效的控制和管理, 因此地铁施工造价控制是地铁施工过程中非常重要的一个环节, 科学有效的控制模型可以为施工项目全方位的动态管理提供依据, 从而达到施工成本最小化目标。目前比较常用的控制模型有成本累计曲线模拟模型、香蕉曲线模型、挣得值模型、项目成本分析模型以及价值工程模型等, 以上几种模型在对于桥梁、公路、大型建筑等工程施工造价控制中应用得比较多, 并且应用效果也比较好^[1]。但是对于地铁施工项目造价控制模型研究理论比较少, 在实际中对于地铁施工项目造价控制仍是沿用以上几种模型, 地铁施工不同于桥梁、公路以及民用建筑, 致使传统模型残差比较大, 模型的可信度较低, 无法满足地铁施工造价控制需求, 所以对于地铁施工造价控制模型研究是非常必要的, 该研究课题也成为中交第三航务工程局有限公司交建工程分公司重点研究内容, 为此提出基于多因素分配调度的地铁施工造价控制模型, 为地铁施工造价控制提供理论依据。

一、基于多因素分配调度的地铁施工造价控制模型

(一) 地铁施工造价控制约束参量提取及分析

地铁施工项目受到地理条件和社会环境的影响, 具有施工难度较高、施工时间长、施工质量要求较高的特点, 并且目前国内对于地铁施工经验比较欠缺, 因此地铁施工造价影响因素主要有施工项目工期进度偏差、施工质量偏差、市场价格偏差三个。由于地铁施工经验不足, 在施工过程中对于施工的管理不够严格, 导致地铁施工进度会存在一定的偏差, 进而影响到地铁施工造价, 其计算公式如下。

$$\alpha = b - w \quad (1)$$

公式(1)中, α 为地铁施工的工期差; b 为已经完成工程的计划成本; w 为预算施工计划成本。利用上述公式计算地铁施工进度偏差, 其数值的大小可以表示地铁施工延期情况, 并且根据上述公式求出地铁施工完工到验收日期时工期差的累计值, 其计算公式如下。

$$s_n = \sum \alpha \quad (2)$$

公式(2)中, s_n 为地铁施工累积工期差; n 表示地铁施工延期天数。如果 s_n 值为正数, 说明地铁施工在原计划施工日期之间完成; 如果 s_n 值为负数, 则说明地铁施工日期超过了原计划施工时间。根据计算得到的累积工期差, 求出地铁施工延期

而产生的造价成本, 其计算公式为。

$$A = \gamma s_n \quad (3)$$

公式(3)中, A 为地铁施工延期造成的造价成本; γ 为日均造价成本^[2]。由于地铁施工对施工质量要求较高, 所以在施工过程中会加大对施工材料的用量, 因此施工质量偏差值也会对地铁施工造价带来影响, 其计算公式为。

$$q = d - r \quad (4)$$

公式(4)中, q 为地铁施工质量偏差值, 反映完成项目的实际质量与合格质量的符合情况; d 为已经完成地铁施工实际投资值; r 为地铁实际施工质量价值^[3]。结合上述公式计算出地铁施工完工日期到验收日期之间累积修复质量需要的施工成本, 其计算公式为:

$$K_n = \sum q \quad (5)$$

公式(5)中, K_n 为地铁施工因质量不符合标准而产生的额外修复施工造价成本。如果 K_n 值计算结果为正数, 说明地铁施工质量符合质量规定, 无须再进行额外施工; 如果 K_n 计算结果为负数, 则说明地铁施工结束之后, 施工质量没有达到质量标准, 需要再进行额外补救施工。由于地铁施工期比较长, 在长时间内施工材料和人工的市场价格会有所变动, 并且建筑材料和施工人员大部分都来源于当地, 突然间采购大量建筑材料和采用当地施工人员, 会对当地材料市场和人才市场造成影响, 进而导致施工材料价格和工人价格上浮, 具体变化情况可参考下表。

表1 地铁施工材料及人工成本变化规律表

序号	施工材料		人工	
	建筑材料名称	日上涨幅度/%	人工工种	日上涨幅度/%
1	钢筋	0.141	钢筋工	0.015
2	水泥	0.082	水泥工	0.024
3	砖墙	0.073	木工	0.009
4	柱梁木模	0.344	砌筑工	0.016

因此市场价格偏差也是地铁施工造价控制中的主要约束参量, 其计算公式如下。

$$z = x - j \quad (6)$$

公式(6)中, z 为地铁施工市场价格偏差值; x 已经完成工作量的实际投资; j 为完成工作量的计划投资值。根据公式(6)在计算出施工开始日期到验收日期内价格偏差值, 其计算公式为。

$$Z_n = \sum z \quad (7)$$

公式(7)中, Z_n 表示地铁施工累积超出的预算。计算出 $Z_n > 0$, 则表明地铁施工开始到验收之间累积超出的造价成本; $Z_n = 0$, 则表明地铁施工开始到验收之间实际产生的造价与之前计划值基本一致; $Z_n < 0$, 则表明地铁施工开始到验收之间产生的费用未超出预算成本^[4]。根据以上分析, 此次提取工期进度偏差、施工质量偏差、市场价格偏差作为地铁施工造价控制约束参量。

(二) 基于多因素分配调度的控制目标函数计算

结合实际情况, 以及根据专家经验, 对上文提取的控制约束参量的权重系数进行分析得出: 工期进度偏差因素权重系数为0.3, 施工质量偏差因素权重系数为0.1, 市场价格偏差因素权重系数为0.6^[5]。并结合上文对该三个约束参量的分析, 分别计算出每个约束参量的偏差系数, 进而求得控制约束参量整

体偏差系数，其计算公式为。

$$\mu = 0.3\omega + 0.1\sigma + 0.6\rho \quad (8)$$

公式(8)中， μ 为地铁施工造价控制因素整体偏差系数； ω 为地铁施工工期进度控制因素偏差系数； σ 为地铁施工质量控制因素偏差系数； ρ 为市场价格控制因素偏差系数^[6]。利用上述公式计算出地铁施工造价控制因素整体偏差系数，而实际地铁施工项目整体造价偏差为。

$$\tau = (PQ - P_1Q_1) + \sum P_2Q_2 \quad (9)$$

公式(9)中， τ 为实际地铁施工项目整体造价偏差； P 为地铁施工项目中关键项目的施工量； Q 为地铁施工项目中关键项目的施工单价； P_1 为地铁施工项目中关键项目原计划施工量； Q_1 为地铁施工项目中关键项目的原计划单价； P_2Q_2 为地铁施工完成时新增施工项目的造价^[7]。将地铁施工项目整体造价偏差与地铁施工造价控制因素整体偏差系数相结合，根据多因素分配调度原理构建控制目标函数，其函数公式为。

$$f = [f_1 - M] \tau \nu \quad (10)$$

公式(10)中， f 为地铁施工造价控制目标函数； f_1 为地铁施工的计划造价初始函数； M 为地铁施工实际造价值； ν 为地铁施工造价控制因素的约束系数，利用该函数计算出各个地铁施工造价控制因素约束目标值，为后续模型对提取的三个控制因素进行合理分配调度提供依据。

(三) 实现多因素造价控制

结合上文提出的基于多因素分配调度的控制目标函数对多因素分配调度结果，构建地铁施工造价控制模型，其公式表示如下。

$$X = f(l + \tau)(S_{n1} + K_{n2} + Z_{n3})c \quad (11)$$

公式(11)中， X 表示基于多因素分配调度的地铁施工造价控制模型； l 为地铁施工计划合同造价； S_{n1} 为控制目标函数计算到的工期进度偏差因素约束值； K_{n2} 为控制目标函数计算到的施工质量偏差因素约束目标值； Z_{n3} 为控制目标函数计算到的市场价格偏差因素约束目标值； c 为地铁施工造价控制指数^[8]。通过制定合理的控制系数，利用该模型可以对地铁施工造价多个影响因素进行合理分配调度，对整个施工项目造价进行控制，以此实现基于多因素分配调度的地铁施工造价控制。

二、实验

(一) 实验设计

实验以检验此次设计模型对地铁施工造价控制性能为核心，选取十个不同规模地铁的施工数据作为实验数据，数据的选取具有一定的代表性、随机性和客观性，下表为地铁施工项目数据表。

表2 地铁施工项目数据表

施工项目序号	施工面积/m ²	抗震等级	结构类型	施工长度/m
1	4586.56	一级抗震	砖混结构	2230
2	6484.69	一级抗震	钢混结构	2560
3	7568.14	二级抗震	砖混结构	3450
4	3684.65	三级抗震	钢混结构	1769
5	4769.82	三级抗震	砖混结构	2160
6	12451.64	三级抗震	钢混结构	6940
7	13267.85	二级抗震	砖混结构	7580
8	15482.48	一级抗震	砖混结构	8690
9	18694.45	二级抗震	砖混结构	10240
10	24564.85	一级抗震	砖混结构	12640

利用此次设计模型与传统模型结合实验数据，对该十个施工项目造价进行控制，实验结果以地铁施工造价控制残差为目标，根据模型计算的施工造价与实际施工造价情况进行比较，计算出两个模型的残差，其计算公式如下所示。

$$d = \sum x - k \quad (12)$$

公式(1)中， d 为模型残差值； x 为地铁施工实际造价值； k 为模型对地铁施工造价实际控制估计值。

(二) 实验结果分析(残差对比)

利用公式(12)计算出两个模型的残差值，对两个模型残差进行对比，实验结果如下表所示。

表3 两种模型残差对比

实验项目序号	实际造价计算值/万元	设计模型造价计算值/万元	传统模型造价计算值/万元	设计模型残差	传统模型残差
1	12.654	12.569	11.648	0.136	1.696
2	15.265	15.245	13.647	0.236	2.699
3	17.945	17.648	19.667	0.064	2.175
4	11.664	11.654	15.697	0.075	4.364
5	21.036	21.648	27.647	0.568	6.481
6	22.354	22.236	28.364	0.645	6.697
7	19.845	19.758	24.654	0.186	6.148
8	17.366	17.264	14.647	0.169	4.697
9	13.678	13.264	17.364	0.425	4.758
10	34.664	34.578	45.647	0.167	9.481

从上表可以看出，此次设计模型的残差相对于传统模型比较小，整体能够控制在0.5左右，最高值仅为0.645。传统模型残差最低值为1.696，整体在4.5左右，远远高于设计模型，证明此次设计模型可信度较高，控制精度较高，能够为地铁施工造价控制提供数据依据，可以满足地铁施工造价控制需求。

三、结束语

本文结合多因素分配调度理论，构建了一个地铁施工造价控制模型，有助于降低地铁施工成本，提高地铁施工造价控制水平，同时还有助于实现地铁施工造价全方位的动态控制，具有一定的现实意义。但此次构建的模型在控制效率方面仍需要有待改进，未来在针对基于多因素分配调度的地铁施工造价控制模型的计算步骤方面进行简化，提高模型对施工造价的计算效率，进而提高控制模型整体效率。

参考文献

- [1]郭彦丽,侯云飞.震后重建项目中基于灰色模型构建的多因素造价控制模型[J].地震工程学报,2019,41(01):215-220.
- [2]张培军.工民建工程施工造价控制与管理[J].科技创新导报,2018,15(08):178-179.
- [3]罗大雪.政府投资项目招投标和施工造价控制[J].建筑,2018,57(09):36-38.
- [4]刘小刚,王震,章培军,惠小健.高层抗震结构造价的改进控制模型研究——基于一恢复重建高层的实例分析[J].地震工程学报,2019,41(03):800-806.
- [5]刘文桂.工民建工程施工造价控制与管理[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2019,67(10):37-38.
- [6]郭晶晶,鲍志强.浅谈工民建工程施工造价控制与管理[J].水利水电工程造价,2020,56(01):31-32.
- [7]陈昊.关于港口工程施工造价控制策略探究[J].城市建筑,2020,17(14):187-188.
- [8]王婧.水利水电工程设计阶段工程造价控制刍议[J].广东水利电力职业技术学院学报,2018,16(04):19-21.