

文章编号:1671-6833(2005)04-0110-03

# 基于资金时间价值的工程投标报价优化模型及算法

朱立冬

(武汉理工大学土木建筑学院,湖北 武汉 430070)

**摘要:**根据工程量清单报价招标和工程款周期支付的特点,基于资金时间价值对工程承包收益的影响,利用不平衡报价原理和规划理论,提出了优化工程投标报价的线性规划模型和计算机算法,通过提高早期施工项目的单价,降低后期施工项目的单价,达到在保持静态投标总报价不变时提高工程承包收益的净现值,以提高实际收益水平;在保持收益现值不变时降低工程投标静态总报价,以提高中标率。

**关键词:**资金的时间价值;不平衡方法;规划理论;报价模型

**中图分类号:**TU 723.2

**文献标识码:**A

## 0 引言

2003年7月1日《建设工程工程量清单计价规范》(GB 50550-2003)开始实施,在全国以规范的方式推广工程量清单报价。该规范的推广,极大地促进了各个投标人在实力、信誉以及投标策略和技巧等各方面的竞争<sup>[1~4]</sup>。在投标报价方面,把投标报价策略研究从总报价优化,延伸到了单价优化,国际上盛行的不平衡报价法就是一种单价优化方法,该方法就是通过对投标单价的合理调整实现“早收钱,多收钱”。投标人可以根据工程项目施工的先后秩序,有意识地对各报价项目的正常投标价格作适当调整,提高早期施工项目的价格,降低后期施工项目的价格,以期在不提高投标总价,不影响中标的前提下,能在承包施工的前期收回比正常投标价格下所能得到的更多的工程款,从而获得更理想的经济效益,但如何实现“早收钱,多收钱”,还缺乏一种量化的优化模型和算法,容易造成实际投标操作时的盲目性和随意性。

基于资金的时间价值并适当考虑通货膨胀的影响,利用不平衡报价方法提出了工程量清单报价的优化模型和算法,量化解决承包商在实际投标时最为关心的,在预期利润不减少时如何降低报价,以及在报价不变时如何提高项目的预期收益的问题,具有一定的适用性和可操作性。

## 1 主要假设

(1) 招标文件中规定的中标标准为最低评标

价,评标价最低者获得施工合同。最低评标价中标法是国际工程招投标通常采用的评标办法。《中华人民共和国招标投标法》关于中标人的投标应当“能够满足招标文件的实质性要求,并且经评审的投标价格最低”之规定,从法律层面上为经评审的最低投标价法在我国的应用提供了法律保障。事实上,国内投资项目正越来越多地采用这种招标定标办法。

(2) 投标报价由市场竞争形成。综合单价是投标人基于自己对施工条件和市场的认识而做出的独立估价,且可以在合理的范围内作细微调整。《建筑工程施工发包与承包计价管理办法》第三条规定:“建筑工程施工发包与承包价在政府宏观调控下,由市场竞争形成”。

(3) 项目的实际施工成本、投标费用与投标报价技巧无关。

(4) 进度款是工程款的主要形式,工程款均以进度款支付,且支付时间为各支付期期末,不会出现严重的拖欠现象。

(5) 承包商的费用计划以其施工计划为基础,实际施工不会出现明显的提前和滞后现象。

(6) 资金是具有时间价值的,不同时点的收益不能直接比较,相同的静态总报价,因费用回收计划各时点的收益不同其经济效益是不同的,将各时点的收益折现后的折现值才是评判工程收益大小的标准。

(7) 考虑资金的时间价值和通货膨胀的综合影响,回收工程款资金序列的折现率 $i$ 按公式 $i =$

收稿日期:2005-07-02;修订日期:2005-09-22

作者简介:朱立冬(1964-),男,湖北黄石人,武汉理工大学副教授,硕士,主要从事工程造价及工程管理研究。

$i_1+i_2+i_3$  计算.  $i_1$  为利率,  $i_2$  为通货膨胀率.

### 2 基于资金时间价值的报价优化模型

假定全部  $n$  个投标报价项目按进度计划分别分布在  $m$  个时间间隔相等的支付期内, 第 1 个支付期内完成  $k_1$  项工程, 第 2 个支付期内完成  $k_2$  项工程, 一般地, 第  $t$  个支付期内完成  $k_t$  项工程. 跨越多个支付期的工程项目的工程量以其工期计划在各支付期的计划完成工程量来划分, 以确定各支付期的计划完成项目及其费用计划. 分布在多个支付期内的同一工程项目的正常估价和优化后的不平衡报价应保持一致.

为便于讨论, 假设第  $t$  ( $1 \leq t \leq m$ ) 个付款期内的  $k_t$  项工程的工程量表示为

$$Q = (q_{t1} \ q_{t2} \ \dots \ q_{tk})^T \quad (1)$$

该  $k_t$  项工程的正常估价为

$$W_t = (W_{t1} \ W_{t2} \ \dots \ W_{tk})^T \quad (2)$$

考虑资金时间价值优化后的不平衡报价为

$$Y_t = (Y_{t1} \ Y_{t2} \ \dots \ Y_{tk})^T \quad (3)$$

则, 投标人基于正常估价的正常费用计划为

$$C_w = (C_{w1} \ C_{w2} \ \dots \ C_{wm})^T \quad (4)$$

$$= (Q_1^T W_1 \ Q_2^T \ \dots \ Q_m^T W_m)^T$$

基于正常估价的总报价为

$$B_w = \sum_{t=1}^m Q_t^T W_t \quad (5)$$

正常报价的折现值为

$$NPV_{(w)} = \sum_{t=1}^m Q_t^T W_t (P/F, i, t) \quad (6)$$

式中,  $(P/F, i, t)$  为复利现值系数.

采用优化后的报价进行不平衡报价时, 投标人基于不平衡报价的费用计划为

$$C_y = (C_{y1} \ C_{y2} \ \dots \ C_{ym})^T$$

$$= (Q_1^T Y_1 \ Q_2^T Y_2 \ \dots \ Q_m^T Y_m)^T \quad (7)$$

基于不平衡报价的总报价为

$$B_y = \sum_{t=1}^m Q_t^T Y_t \quad (8)$$

不平衡报价的折现值为

$$NPV_{(y)} = \sum_{t=1}^m Q_t^T Y_t (P/F, i, t) \quad (9)$$

#### 2.1 静态总报价不变, 提高收益现值

投标人在静态总报价不变、不影响中标的条件下, 希望通过优化调整工程单价, 获得比按正常估价报价更多的工程款收益现值. 优化报价的收益现值比正常报价获得的收益现值增值函数

$V_{(y)}$  为

$$V_{(y)} = \sum_{t=1}^m Q_t^T Y_t (P/F, i, t) - \sum_{t=1}^m Q_t^T W_t (P/F, i, t) \quad (10)$$

此时投标人基于资金时间价值的优化报价数学模型为

$$\begin{cases} \text{Max } V_{(y)} \\ \text{S.t. } \sum_{t=1}^m Q_t^T W_t = \sum_{t=1}^m Q_t^T Y_t \\ L_t \leq Y_t \leq U_t \end{cases} \quad (11)$$

式中:  $L_t, U_t$  分别是第  $t$  个付款周期内的  $k_t$  项工程的优化报价  $Y_t$  的下限和上限.

#### 2.2 收益现值不变, 降低静态总报价

投标人在确保实际收益水平不降低的条件下, 为了提高中标率, 希望在确保工程款收益现值不变的前提下, 通过优化调整单价, 获得比按正常估价报价更低的静态总报价. 优化报价的静态总报价比正常报价的静态总报价降低值函数为

$$V_{(y)} = \sum_{t=1}^m Q_t^T Y_t - \sum_{t=1}^m Q_t^T W_t$$

此时投标人基于资金时间价值的优化报价数学模型为

$$\begin{cases} \text{Min } V_{(y)} \\ \text{S.t. } \sum_{t=1}^m Q_t^T Y_t (P/F, i, t) = \sum_{t=1}^m Q_t^T W_t (P/F, i, t) \\ L_t \leq Y_t \leq U_t \end{cases} \quad (12)$$

### 3 模型求解

资金时间价值的投标报价优化模型是一个线性规划模型, 利用电子表格软件 Excel 的规划求解工具进行求解. 由 Excel 内嵌函数, 静态总报价不变, 提高收益现值的优化报价模型可表示为

$$\begin{cases} \text{Max } V_{(y)} = (NPV(i, C_y) - NPV(i, C_p)) \\ \text{S.t. } SUM(C_y) = SUM(C_p) \\ L \leq Y \leq U \end{cases} \quad (13)$$

式中:  $L = (L_1 \ L_2 \ \dots \ L_m), Y = (Y_1 \ Y_2 \ \dots \ Y_m), U = (U_1 \ U_2 \ \dots \ U_m)$ .

收益现值不变, 降低静态总报价的优化报价模型可表示为

$$\begin{cases} \text{Min } V_{(y)} = (SUM(C_y) - SUM(C_p)) \\ \text{S.t. } NPV(i, C_y) = NPV(i, C_p) \\ L \leq Y \leq U \end{cases} \quad (14)$$

式中:  $L, Y, U$  的含义同上.

### 4 应用举例

某工程的工期为 5 个付款期 (按月支付), 业

主核定的工程量清单中有 10 个报价项目, 主要项目表 1, 每个付款期的折现率  $i = 1.2\%$ , 利用电子表格软件 Excel 的规划求解工具可得静态总报价不变, 提高收益现值的优化报价的最优解, 见表 1.

表 1 某工程的工程量、正常报价和优化报价

Tab. 1 B·Q·the normal and optimized project bid

支付 期 $t$	工程量 $Q/m^3$	正常报价 $W/(元 \cdot m^{-3})$	优化报价 $Y/(元 \cdot m^{-3})$	报价下限 $L/(元 \cdot m^{-3})$	报价上限 $U/(元 \cdot m^{-3})$
1	35 000	40	44.00	36.00	44.00
	25 000	60	66.00	54.00	66.00
2	25 000	32	35.20	28.80	35.20
	20 000	38	36.71	34.20	41.80
3	18 000	42	37.80	37.80	46.20
	15 000	45	40.50	40.50	49.50
4	12 000	50	45.00	45.00	55.00
	10 000	55	49.50	49.50	60.50
5	11 000	60	54.00	54.00	66.00
	10 000	20	18.00	18.00	22.00

通过计算可得, 该工程按正常估价报价的静态总报价为 7 901 000.00 元, 其收益现值为 7 676 155.92 元. 在保持静态总报价不变的条件下, 通过不平衡报价可实现收益现值 7 686 809.79 元, 比按正常估价报价实现的收益现值多 10 653.87 元.

采用正常估价报价时 5 个付款周期的费用分别为 2 900 000.00, 15 600 000.00, 1 431 000.00, 1 150 000.00, 860 000.00 元, 采用不平衡报价时付款周期费用分别为 3 190 000.00, 1 614 100.00, 1 287 900.00, 1 035 000.00, 774 000.00 元, 可见采用不平衡报价时的前期费用回收的速度明显比采用正常估价报价时前期费用回收的速度快.

同理, 可计算出收益现值不变, 降低静态总报价的优化报价的最优解(略). 由计算结果可知, 在

保持收益现值 7 676 155.92 元不变的条件下, 通过不平衡报价将静态总报价由 7 901 000.00 元降至 7 890 088.90 元, 从而将静态总报价降低 10 911.10 元. 由模型可知, 工程款的支付周期越多、每个支付周期(尤其靠前的支付周期)的付款额越大, 则效果越明显.

## 5 结束语

给出的基于资金时间价值的投标报价优化模型, 主要适用于工期较长、投资额较大的工程, 工期越长、投资额越大, 则效果越明显. 该模型对于总价合同和单价合同都适用, 对于总价合同可以直接应用于单项工程报价, 对于单价合同则可应用于分部分项工程报价. 应用时特别注意: 要合理确定不平衡报价的调整范围. 如果单价成倍或数倍地偏离了适中的市场价格, 就可能被业主视为“不合理报价”, 作为废标处理. 有时, 即使中标了, 业主在谈判时也会要求把前面提高的部分降下来, 或发变更令减少施工时的工程数量, 甚至强行改变或取消原有设计, 降低投标人的预期收益, 甚至造成亏损.

## 参考文献:

- [1] 程志贤. 经评审的最低投标价法理论与实务[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [2] 朱 燕. 计算机在施工项目管理中的应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [3] 全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会. 建设工程经济[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [4] 卢德林. 土建工程报价优化模型[J]. 系统工程理论与实践, 2002, (9): 16~20.

## Optimized Bid Model and Calculating Method of Project Bidding Based on Time-value of the Capital

ZHU Li-dong

(School of Architectural and Civil Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Based on the effect of time-value of the capital on the profit of project contract and making use of the unbalanced method and programming theory, this paper constructs a model of optimizing the project bid. It proposes the optimized bidding model as well as the computer calculating method of how to raise the actual contract profit while the total static bid keeps unchanged and how to decrease the total static bid and increase the rate of bid while the profit value keeps invariant. With specific cases, the paper illustrates the practicability and the operation in projects.

**Key words:** time-value of the capital; unbalanced method; programming theory; bidding model