第 28 卷第 4 期
2000 年 7 月

Vol.28 No.4
Jul.2000

工程项目多重子公式价格调整风险分析

丰景春[1], 杜荣江[2], 杨建基[1]

(1. 河海大学国际工商学院, 江苏 南京 210098;2. 河海大学计财处, 江苏 南京 210098)

摘要:分析了工程项目实施过程中调整价格的必要性,以及影响公式法价格调整精度的因素.计算并比较表明,与单一公式相比,多重子公式的价格调整精度更高.文中还结合国内工程项目合同价格调整的现状,提出在确定价格调整公式时应考虑的公式形式、价格指数数目等因素.

关键词:工程项目;价格;调整;精度;风险

中图分类号:F284　　文献标识码:A　　文章编号:1000-1980(2000)04-0040-05

由于工程项目特点及通货膨胀和无法预测的关键材料短缺等因素使工程项目的价格、工期、工程内容非常不稳定,因此大多数工程项目合同和货物采购合同必须调整价格.这出自以下两方面的考虑.

a. 价格调整有利于承包商的报价和业主评标.投标者总是希望能较精确地预测外部费用在整个工期中资金回收的影响.由于不可预测的影响量是相当大的,投标者不可能对合同期内发生的价格波动作出较准确的预测,故承包商不得不大幅度提高标价以克服价格上涨所带来的风险,从而造成各投标者之间的报价由于价格波动因素产生了悬殊的差别,这不利于业主作出正确的决标.在许多情况下甚至可能会作出错误的决策.

b. 价格调整有利于工程项目的顺利实施.如果业主承担了主要财务风险,那么包括在投标报价中的由于其它风险所造成的标价增量就很小.此时,投标者的最低标为确保最有效地完成工程项目打下良好的基础.同时,投标者也可将精力集中在工程项目的实施上,而不必担心承担远期财务变动的风险.

由此可见,不进行价格调整所带来的后果是:不能确保合同的正确履行;造成合同的纠纷.这些都是业主和承包商不希望发生的.因此,有必要对价格的波动予以调整.

1 公式法价格调整精度的定性分析

价格调整方法有两种,一是文件证据法,二是公式法.与文件证据法相比,公式法具有价格调整简单、工作量少等许多优点.

公式法价格调整的基本原理是采用价格指数调整价格.数学表达式为

$$P = P_0 \cdot \frac{I}{I_0} \tag{1}$$

式中:P——调价后的金额;P_0——允许调整的金额;I——现行价格指数;I_0——编标时的价格指数.

采用公式法调价时,由于实际成本与指数的变化不同步,调整量也不可能完全补偿承包商的成本增加,因此只有实质上减少承包商的风险后,公式法调价的优点才能充分体现出来.由世界银行推荐的调价公式[1]可知,影响价格调整精度的因素包括价格指数数目、权重、公式形式等,本文将结合业主和承包商都可接受的风险界限,研究单一公式和多重子公式在取不同价格指数数目时的调价风险.

2 价格调整风险分析的数学模型

世界银行推荐了 32 种价格指数,初始指数值定为 100,为了便于研究和讨论,现作以下假定:

a. 所有 32 种指数的月上涨率为 1%;

收稿日期:1999-01-22
基金项目:河海大学青年科学基金资助项目
作者简介:丰景春(1963—),男,浙江金华人,副教授,博士,工程管理专业,主要从事建设项目管理信息系统研究.

b. 合同价格按月支付,且每月支付 1 个货币单位;

c. 各指数前的加权系数均相同;

d. 不考虑非调整因子.

2.1　单一公式价格调整风险分析的数学模型[2]

由式(1)可知,第 i 个月支付款经调价后的值由式(2)计算得到.

$$P_i = k_1 \frac{a_{11}^{(i)}}{a_{10}} + k_2 \frac{a_{21}^{(i)}}{a_{20}} + \cdots + k_m \frac{a_{m1}^{(i)}}{a_{m0}} \tag{2}$$

根据各个月的调整值,可得到调价总值 P,见式(3).

$$P = \sum_{i-1}^{n} P_i = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_i \tag{3}$$

式中

$$y_i = \frac{a_{i1}^{(1)}}{a_{i0}} + \frac{a_{i1}^{(2)}}{a_{i0}} + \cdots + \frac{a_{i1}^{(n)}}{a_{i0}}$$

随机变量 P 的期望值 $E(P)$ 和标准偏差分别由式(4)和(5)求得.

$$E(P) = 1 + \frac{n+1}{2} \cdot 1\% \tag{4}$$

$$\sigma_P = \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{a_{11}^{(i)}}{a_{10}} - E(P)\right)^2} \tag{5}$$

根据随机变量分布规律及式(4),(5),可以得到回收量上、下界限,见式(6).

$$T_U = E(P) + \sigma_P \cdot t_{\alpha/2} \qquad T_L = E(P) - \sigma_P \cdot t_{\alpha/2} \tag{6}$$

现设合同期为 24 个月,两种置信度分别为 67% 和 99%,此时经调价后回收量上、下界限由式(7),(8)求得.

a. 置信度为 67%. 此时 $t_{\alpha/2} = 0.98$,代入式(6)得回收量上、下界限.

$$T_U = 1.125 + 0.069/\sqrt{m} \qquad T_L = 1.125 - 0.069/\sqrt{m} \tag{7}$$

b. 置信度为 99%. 此时 $t_{\alpha/2} = 3.00$,代入式(6)得回收量上、下界限.

$$T_U = 1.125 + 0.2121/\sqrt{m} \qquad T_L = 1.125 - 0.2121/\sqrt{m} \tag{8}$$

置信度为 67%,99% 时回收量幅度变化情况见图 1. 同理,可以求得合同期为 36 个月,置信度分别为 67% 和 99% 时回收量幅度变化情况,见图 2.

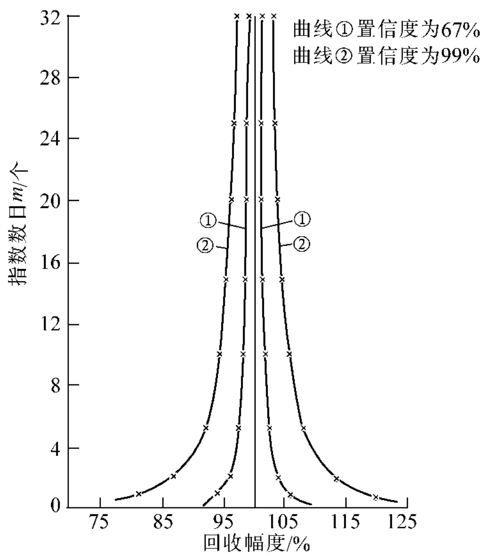

图 1　合同期 24 个月回收幅度与 m 的关系

Fig.1　Relation between recovery range and m for a contract duration of 24 months

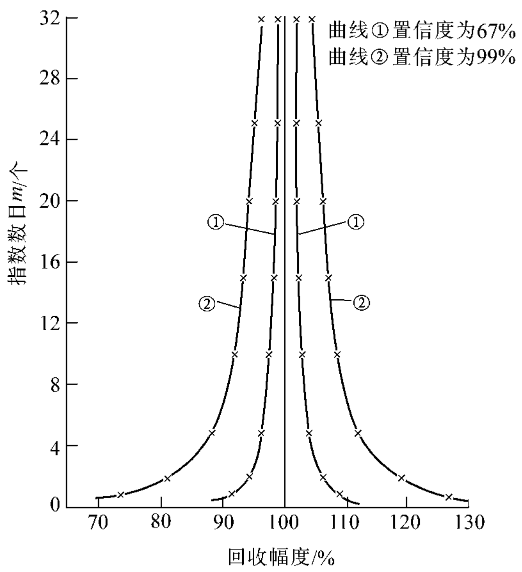

图 2　合同期 36 个月回收幅度与 m 的关系

Fig.2　Relation between recovery range and m for a contract duration of 36 months

2.2 多重子公式价格调整风险分析的数学模型

任何一个工程项目,无论是大型的,还是小型的,也无论工期长短,各加权系数在整个合同期不可能保持不变.如土方工程、混凝土工程、装饰工程、给排水工程都是在合同的不同阶段实施完成的,因此采用单一公式调价时,公式中所含的价格指数再多也难以反映这一情况.为了解决这一问题,在合同实施的不同阶段应采用不同的调价公式,各子公式带有各自相应的系数和指数数目.下面研究采用多重子公式调价的精度.

考虑两种基本形态.由这两种基本形态可组合成任何一种复杂情况,故只需研究两种基本形态调价精度即可,两种基本形态见图3.

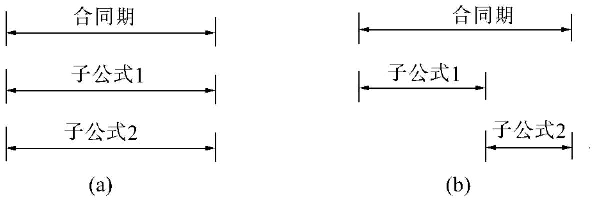

图3 多重子公式调价的两种基本形态

Fig.3 Two basic states of multi-subformulae adjustment

2.2.1 第一种基本形态(图3(a))

设$\frac{1}{d_1}$个货币单位按子公式1[3]调价,$1-\frac{1}{d_1}$个货币单位按子公式2[3]调价,子公式1采用m_1个价格指数,子公式2采用m_2个价格指数,经调价后的值见式(9),(10).

$$P_1=\frac{1}{d_1 m_1}\left[\left(\frac{a_{1,1}^{(1)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(1)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m1,1}^{(1)}}{a_{m1,0}}\right)+\cdots+\left(\frac{a_{1,1}^{(n)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(n)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m1,1}^{(n)}}{a_{m1,0}}\right)\right] \tag{9}$$

$$P_2=\left(1-\frac{1}{d_1}\right)\frac{1}{m_2}\left[\left(\frac{a_{1,1}^{(1)}}{a_{1,0}}+\cdots+\frac{a_{m2,1}^{(1)}}{a_{m2,0}}\right)+\cdots+\left(\frac{a_{1,1}^{(n)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(n)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m2,1}^{(n)}}{a_{m2,0}}\right)\right] \tag{10}$$

则某月调整后的总值

$$P=P_1+P_2 \tag{11}$$

随机变量P的期望值$E(P)$和标准偏差σ_P分别由式(12),(13)求得.

$$E(P)=\frac{n+1}{2}\times 1\%+1 \tag{12}$$

$$\sigma_P=\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{d_1^2 m_1}+\left(\frac{1-d_1}{d_1}\right)^2\frac{\sigma_2^2}{m_2}} \tag{13}$$

为了便于讨论,令$m_1=m_2$,此时$\sigma_1^2=\sigma_2^2$,代入式(13)得:$\sigma_P=\sqrt{\left[\frac{1}{d_1^2}+\left(\frac{1-d_1}{d_1}\right)^2\right]\sigma^2\frac{1}{m}}$.

通过求极值得:当$d_1=2$时,σ_P取最小值,这正是我们所要考虑的情况.将$d_1=2$代入上式得:$\sigma_P=\sigma/\sqrt{2m}$.故随机变量$P$的标准偏差$\sigma_P=\sigma/\sqrt{2m}$.

a. 合同期36个月,置信度为67%的回收幅度.此时的回收量变化上、下界限由式(14)求得.

$$T_U=1.185+0.074/\sqrt{m} \qquad T_L=1.185-0.074/\sqrt{m} \tag{14}$$

T_U,T_L随m值的变化趋势及取值如图4所示.

b. 合同期36个月,置信度为99%的回收幅度.此时的回收量变化上、下界限由式(15)求得.

$$T_U=1.185+0.225/\sqrt{m} \qquad T_L=1.185-0.225/\sqrt{m} \tag{15}$$

T_U,T_L随m值的变化趋势见图4.

2.2.2 第二种基本形态(图3(b))

设采用子公式1[3]调价的时间为n_1个月,按子公式2[3]调价的时间为n_2个月,由单一公式可知

$$P_1=\frac{1}{m_1}\left[\left(\frac{a_{1,1}^{(1)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(1)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m1,1}^{(1)}}{a_{m1,0}}\right)+\cdots+\left(\frac{a_{1,1}^{(n_1)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(n_1)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m1,1}^{(n_1)}}{a_{m1,0}}\right)\right]$$

$$P_2=\frac{1}{m_2}\left[\left(\frac{a_{1,1}^{(1)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(1)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m2,1}^{(1)}}{a_{m2,0}}\right)+\cdots+\left(\frac{a_{1,1}^{(n_2)}}{a_{1,0}}+\frac{a_{2,1}^{(n_2)}}{a_{2,0}}+\cdots+\frac{a_{m2,1}^{(n_2)}}{a_{m2,0}}\right)\right]$$

随机变量P_1,P_2的期望值$E(P_1)$,$E(P_2)$分别见公式(16),(17).

$$E(P_1)=\frac{1}{m_1}\cdot m_1\cdot\left(C_1^{(1)}+C_1^{(2)}+\cdots+C_1^{(n_1)}\right)\cdot\frac{1}{n_1}=1+\frac{1+n_1}{2}\times 1\% \tag{16}$$

$$E(P_2) = \frac{1}{m_2} \cdot m_2 \cdot (C_2^{(1)} + C_2^{(2)} + \cdots + C_2^{(n_2)}) \cdot \frac{1}{n_2} = 1 + \frac{2n_1 + n_2 + 1}{2} \times 1\% \tag{17}$$

随机变量 P_1,P_2 的标准偏差 σ_{P_1},σ_{P_2}分别见式(18),(19).

$$\sigma_{P_1} = \sqrt{\frac{1}{m_1} \cdot \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} [C^{(i)} - E(P_1)]^2} \tag{18}$$

$$\sigma_{P_2} = \sqrt{\frac{1}{m_2} \cdot \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} [C^{(i)} - E(P_2)]^2} \tag{19}$$

由此可以得到第二种基本形态的回收幅度,见式(20),(21).

$$T_{U1} = E(P_1) + \sigma_{P_1} \cdot t_{\alpha/2} \qquad T_{L1} = E(P_1) - \sigma_{P_1} \cdot t_{\alpha/2} \tag{20}$$

$$T_{U2} = E(P_2) + \sigma_{P_2} \cdot t_{\alpha/2} \qquad T_{L2} = E(P_2) - \sigma_{P_2} \cdot t_{\alpha/2} \tag{21}$$

将 T_{U1},T_{L1},T_{U2},T_{L2}按权重分配到整个合同期内,可得到整个合同期的回收幅度,经整理得

$$\left.\begin{aligned} T_U &= \left[\frac{n_1}{n_1+n_2}E(P_1) + \frac{n_2}{n_1+n_2}E(P_2)\right] + \left[\frac{n_1}{n_1+n_2}\sigma_{P_1} + \frac{n_2}{n_1+n_2}\sigma_{P_2}\right] \cdot t_{\alpha/2} \\ T_L &= \left[\frac{n_1}{n_1+n_2}E(P_1) + \frac{n_2}{n_1+n_2}E(P_2)\right] - \left[\frac{n_1}{n_1+n_2}\sigma_{P_1} + \frac{n_2}{n_1+n_2}\sigma_{P_2}\right] \cdot t_{\alpha/2} \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

为了便于讨论,令 $n_1 = n_2 = 18$ 个月,代入式(22),得

$$T_U = 1.185 + 0.0534/\sqrt{m} \cdot t_{\alpha/2} \qquad T_L = 1.185 - 0.0534/\sqrt{m} \cdot t_{\alpha/2} \tag{23}$$

a. 置信度为 67% 时的回收幅度,由式(24)求得.

$$T_U = 1.185 + 0.0523/\sqrt{m} \qquad T_L = 1.185 - 0.0523/\sqrt{m} \tag{24}$$

b. 置信度为 99% 时的回收幅度,由式(25)求得.

$$T_U = 1.185 + 0.1509/\sqrt{m} \qquad T_L = 1.185 - 0.1509/\sqrt{m} \tag{25}$$

将上述两种情况的计算结果绘制成图形,见图 5.

任何工程项目调价精度都可借用以上两种基本形态加以研究,限于篇幅,在此不再讨论.

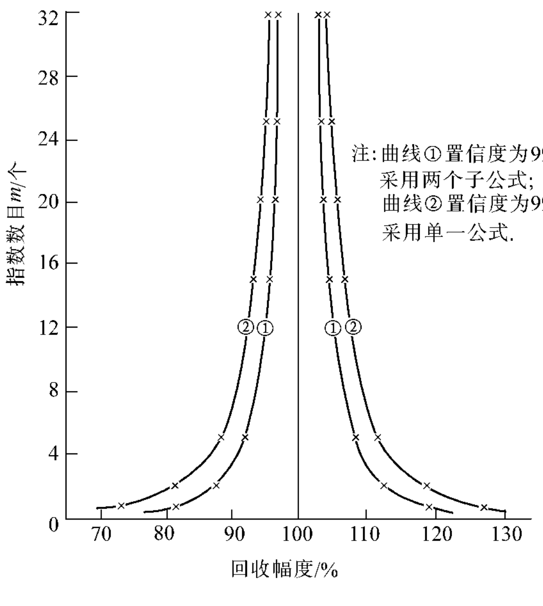

图 4　基本形态一:合同期 36 个月
两个子公式回收幅度与 m 关系

Fig.4　Basic state 1:Relation between recovery range and m for a contract duration of 36 months

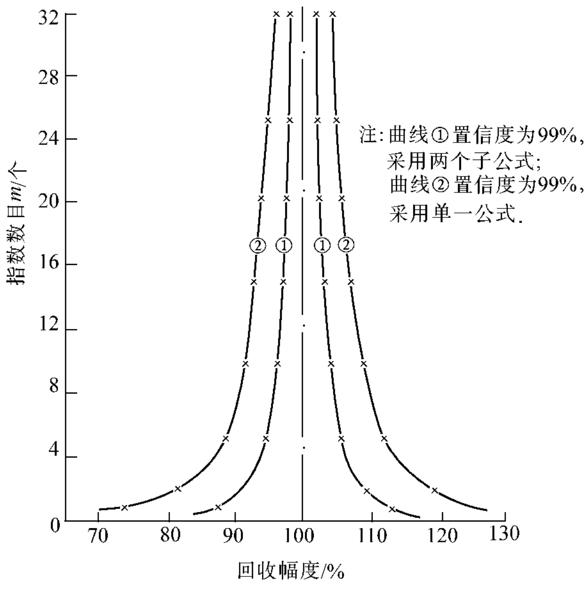

图 5　基本形态二:合同期 36 个月
两个子公式回收幅度与 m 关系

Fig.5　Basic state 2:Relation between recovery range and m for a contract duration of 36 months

3 结 论

a. 在其它条件和要求(如置信度大小)不变情况下,价格上涨幅度越大,回收幅度变化越大. 因此当价格上涨幅度增大时,只有通过增加价格指数数目才能达到减小回收变化幅度过大的目的.

b. 利用两个子公式进行调价时所采用的价格指数数目可比只用一个公式少,这一结论可推广到多个子公式的情形.

如果置信度为99%,合同期为36个月,回收精度要求为±10%,由图5可知,利用两个子公式调价时,每个子公式只需采用2个价格指数即能满足要求,而利用一个公式调价时,则需要7个价格指数才能达到精度为±10%的要求.

c. 对于不同的项目组成部分,应分别采用相应的子公式进行调价,此时,其实际成本增加的回收比单一公式要精确. 我国工程项目建设所采用的调价公式,几乎都是采用单一公式,这种做法是不合理的,自然难以满足调价精度的要求.

d. 价格上涨幅度越大,采用多重子公式进行调价更加显示出其优越性,体现在可采用较少的价格指数数目和较高的调价精度等.

e. 无论是单一公式还是多重子公式,其调价精度均与合同期长短无关,因此决定具体公式时不必考虑合同期长短这一因素.

f. 通过以上的研究,建议一个普通土木工程合同应采用多重子公式进行调价,一般宜采用4~8个子公式,每个子公式采用3~6个价格指数. 其中供货安装合同的调价公式宜分为两个子公式,一个用于调整制造工程的价格,另一个用于调整安装和试生产工程的价格;道路工程合同的调价公式宜分为四个子公式,分别用于调整开挖工程、地基工程、结构工程、沥青工程的价格;建筑工程合同的调价公式宜分为三个子公式,分别用于调整土方工程、主体工程、装饰工程的价格.

参考文献:

[1] 国际咨询工程师联合会. 土木工程施工合同条件[M]. 藏军昌,等译. 北京:航空工业出版社,1992. 106~107.
[2] 丰景春. 合同价格调整敏感性探讨[J]. 建筑技术开发,1997(2):38~40.
[3] 丰景春,刘永强,杨建基. 水利水电工程项目调价风险分析[J]. 河海大学学报,1999,27(2):65~68.

Risk of Price Adjustment for Multi-subformulae

FENG Jing-chun[1], DU Rong-jiang[2], YANG Jian-ji[1]
(1. *College of International Industry and Commerce*, *Hohai Univ.*, *Nanjing* 210098, *China*;
2. *Finance Section*, *Hohai Univ.*, *Nanjing* 210098, *China*)

Abstract: The necessity of price adjustment in a project and the factors affecting price adjustment are analysed in this paper. Calculation and analysis show that the price adjustment of multi-subformulae is more accurate than that of single-formula. Finally, several proposals with regard to the formulae are put foward in combination with the present situation of projects.

Key words: project; price; adjustment; accuracy; risk