

文章编号:1000-582X(2006)09-0147-05

建设工程最优激励合同机制的设计*

陈偲苑,张巍

(重庆大学建设管理与房地产学院,重庆 400030)

摘要:立足于招投标双方各自利益最大化,达到“双赢”目的.把成本、工期、质量这3个在合同中招标人最为关心的因子同时作为激励因素,并整合到一个数学模型中,考虑使用 CPIF 合同时,通过建立主从递阶决策激励模型,对招投标双方的收益进行优化,达到双方都满意的收益条件下的最低成本,最短工期,最优质量.最后,介绍了用遗传算法求解该模型,并给出了简单的算例.

关键词:项目管理;激励合同;Stackelberg 决策;遗传算法

中图分类号:TP391

文献标识码:A

建筑工程中的招标与投标始终是建筑工程中的热门问题.北沙^[1]、张芳^[2]等人认为招标人与投标人是以项目为纽带的一个利益共同体,只是两者在这一共同体中所处的角色和地位不同,并且认为双方应该合作,完成一个项目,实现“双赢”.然而,在实际中,一些专业人士^[3]道中国的“粥多僧少”使得一些施工企业饥不择食,微利经营,甚至亏本经营;承包商可以利用信息优势,采取一些如偷工减料,使用不能保证施工质量要求的农民工施工队等方法以节省成本,使业主处于不利地位^[4-5]，“双输”的局面油然而生.

赵道致^[6]建议在招投标中建立激励合同机制,许多学者对单因素激励合同进行了研究, Jin Fang Shr^[7]设计激励合同,但是只是对工期单个因素激励,并且用于高速公路工程中. Abdulaziz^[8]设计的激励合同只是对成本单因素激励, T. C Berends^[9]也谈到,激励合同的设计应该涉及到多个激励因素,比如安全、环境保护、质量、工期等等方面.汪嘉旻^[10]对单个标段进行成本和工期双因素激励,王应洛^[11]又进一步研究,针对多个标段使最终的成本和工期最优进行激励.王卓甫^[12]谈到,激励方案的设计要从工程项目的整体目标出发.鲁耀斌在文献[6]也建立了3个因素的激励合同,但是只是孤立的对3个因素进行激励,并且在文献[13-14]中理论求解了最优分担率和进一步探讨了激励合同的性质.

但是,项目管理中的三因素不是孤立的,正如 A. J. G Badu^[15]所谈到的,赶工缩短工期将使项目质量下

降,质量的升高使得建造成本的增大,因此,把多个因素单独考虑^[6]是不妥的.并且激励理论认为^[16],最优的激励机制应该从双方的收益目标出发.投标人的目标是获得更多的利润报酬,而招标人则希望给予更低的支付.文中试图建立一种基于协调3个因素之上的激励合同,使得承包发包都达到己方的最优收益目标.

1 激励合同设计理论基础

1.1 合同类型介绍

建筑工程合同是联系业主和承包商的法律形式,根据不同的要求和条件,一种比较粗略的分类方法,分为:固定价格合同和成本加合同^[16-18],几种常见的合同的形式和它的风险状况如图1所示.



图1 常见工程合同风险比较图

在固定价格合同(FPFC)中,业主只付给承包商合同规定的数额,这时,承包商承担全部的风险.另外,在成本加百分比酬金(CPPC)合同中,业主承担全部的风险.固定价格合同和成本加百分比酬金是两个极端的合同,张双甜^[19]在研究中指出,在现代工程中,合同的计价形式有20多种,上述的5种是具有代表性的几种.

* 收稿日期:2006-04-23

作者简介:陈偲苑(1980-),女,河南人,重庆大学硕士研究生,主要从事工程项目管理的研究.

合同双方由于有着不同的目标,而激励理论就是引导有着各自需求的不同个体,为实现组织的目标而工作,同时也可以达到自己的目标.在合同体制里面有,两种比较有效的激励合同是固定价格激励合同(FPI)和成本加激励合同(CPIF),激励合同目标是让业主和承包商共同分担风险.固定价格激励合同情况下,对于招标人而言,假设是风险中性的,其目标是 minimized 自己的支付.假定根据合同招标人的支付由项目实际成本 c 以及投标人的出价 b 共同组成.假设合同是线形的:

$$P = b + \alpha(c - b) + \lambda, \quad (1)$$

从式(1)中可以看到,当 $\alpha = 1$ 时,该合同就是成本加固定费用(酬金)合同,当 $\alpha = 0$ 时,就是固定价格合同, $0 < \alpha < 1$ 时, $\lambda = 0$ 就是常见的固定价格激励合同.

1.2 固定价格激励合同和成本加激励费合同的区别

设有 n 个投标人参加合同招标,招标人对于所有投标商设定相同的成本降低(增加)奖励(惩罚)比,对此称为激励系数 α ,每个投标人按照实现公布的 α ,结合自己的情况,提交一个总价 b_i 作为其报价,假设 w 投标人的报价 b_w 最低,那么 w 投标人的报价 b_w 就是中标价, c_a 为实际成本.固定价格激励合同形式下业主的支付为:

$$P = b_w + \alpha(c_a - b_w). \quad (2)$$

此时投标人的利润为:

$$\pi_w = b_w + \alpha(c_a - b_w) - c_a = (1 - \alpha)(b_w - c_a). \quad (3)$$

式(3)与实际相结合,一旦工程项目确定,最低标价中标,中标价和实际发生的成本之差 $(b_w - c_a)$ 不会无限制的增大,所以中标商的利润 π_w 有最高限度.图2即为固定价格激励合同形式下项目成本和中标人的收益相关图.

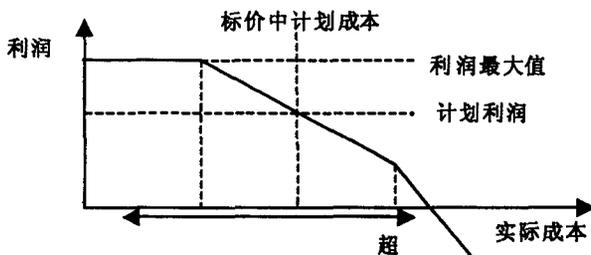


图2 固定价格激励合同下实际支出与承包商利润关系图

如图3,如果采用成本加激励合同,设有 n 个投标人参加合同投标,招标人设立激励系数 α 和预算成本 C_b ,每个投标人按照事先公布的 α 和 C_b ,结合自己的实际情况,提交一个计划利润费 f_i 作为其标价,招标人根据投标人提供的 f_i ,选择提交利润费最低的 f_w 投标人 w 作为承包商,采用这种选择机制基于一个假

设:选择具有最低利润费的作为承包商,那么所对应的情况下招标人所花费的成本也是最低的,这个原则也就是鲁耀斌^[6]等人所认为 P 为 f_i 的单调递增函数^[10].成本加激励合同的数学表达式为:

$$P = C_a + f_w + (C_b - C_a) \cdot \alpha, \quad (4)$$

式中, P 为招标商最终的成本支出; C_a 为实际成本支出; C_b 为预算成本支出; f_w 为中标人的中标利润.

采用成本加激励合同合同,实际发生的成本 C_a 是,承包商记下的所有的经过业主审核过和确认的开支. C_b 预算成本所计算的项目范围也是经过承发包双方的同意的.一个成本加激励费合同有效力的关键因素就是 C_b 的设置既有挑战性也要有现实性.合同中承包商的利润 f 由 f_1 和 f_2 两部分组成, f_1 独立于 C_b 和 C_a ,在合同签订之日起已经固定,式(4)中若 w 人中标,则 f_1 即为 f_w ; $f_2 = (C_b - C_a) \cdot \alpha$,当 $C_b > C_a$ 时才会发生,根据实际, f_2 有极大值, $f_{2max} = (C_b - C_a) \cdot \alpha$,则 f 的关于 C_a 的函数式:

$$f(C_a) = \begin{cases} f_1 + f_{2max} & C_a < (C_b - \frac{f_{2max}}{\alpha}) \\ f_1 + \alpha(C_b - C_a) & (C_b - \frac{f_{2max}}{\alpha}) < C_a < C_b \\ f_1 & C_b < C_a \end{cases} \quad (5)$$

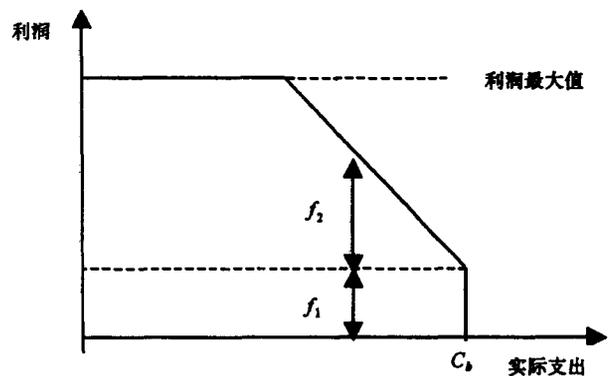


图3 成本加激励费合同下实际支出与承包商利润关系图

对比式(5)和图3可以看出,固定价格激励合同下,成本超过某一范围后,承包商承担风险比业主大;而采用成本加激励合同,业主承担所有的超支风险,而承包商还会获得固定的利润额.成本加激励合同会让承发包双方的矛盾关系转化成一种合作关系:节省成本的同时承包商可以获得更多的利润收益,业主也达到了节省开支的目的.因此,笔者建立的多因素激励合同是基于成本加激励费合同.

2 多因素激励合同的建立

如何把成本、质量和工期这三项招标人比较关心的因素作为激励因子整合在一个数学模型中,首先要做的工作就是要统一多激励因子的衡量标准.成本一般可以用货币值来衡量,但是衡量质量的标准千差万别,那么就要把工期和质量也转化为等价的货币值,使之与成本的度量标准相同.下面的2个因素的变化关系是基于第3个因素水平不变的情况下建立的^[20-22].

2.1 时间(工期) - 成本交换关系及优化模型

假设网络计划中的部分关键活动是资源驱动的,在一定的限度内,增加资源(成本)可以压缩活动的持续时间.一般而言对于单个活动的持续时间的缩短,成本相应的增加,时间越短成本增加的越剧烈. A. J. G Badu^[15]连接C(赶工点)点和N(正常点)点来表示直接成本 - 时间的关系.这样计算的成本要略高于实际成本,在工程实际中是允许的,已经在相关文献中得到了论证.在此,采用C点和N点的连线来表示时间 - 直接成本关系.所以单个活动的时间 - 直接成本的关系可以如图4所示.

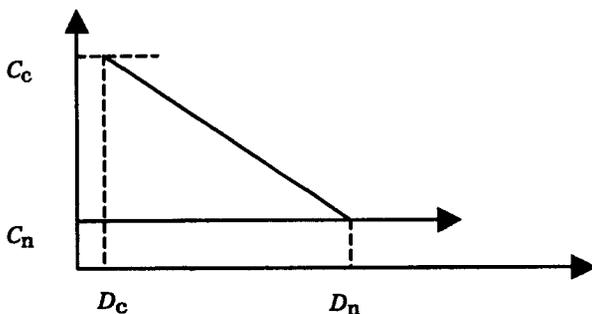


图4 时间 - 直接成本的关系图

图4中 C_c 为赶工成本; D_c 为赶工下持续时间; D_n 为正常施工持续时间; C_n 为正常施工成本.

那么 i 工作的 $T - C$ 的曲线斜率为:

$$S(i) = \frac{C_n(i) - C_c(i)}{D_n(i) - D_c(i)}, \quad (6)$$

则 i 工作的实际成本为:

$$C(i) = C_c(i) + S(i)[D(i) - D_c(i)], \quad (7)$$

式中: $D_n(i) \leq D(i) \leq D_c(i)$, 所以, $C_n(i) \leq C(i) \leq C_c(i)$, 其中, $D(i)$ 为 i 工作的持续时间.

工期是项目管理的三大目标之一,但不是工期越短越好.处理好工期和成本之间的关系也是项目管理的重要工作之一.

综上所述,设有 n 个工序(作业),可以得到工期成本的优化模型:

$$\min C_T = \min \sum_{i=1}^n \{ C_c(i) + S(i)[D(i) - D_c(i)] + (T - T_a)(y + S_1) \}, \quad (8)$$

其中, C_T 为成本的工期函数; T_a 为实际工期; S_1 为间接成本.

s. t. 对于任意的工作: $LT_i - ET_j \leq 0$.

其中, LT_i 为 i 工作的迟时间; ET_j 为 j 工作的早时间; $i, j = 1, 2, \dots, n$.

在激励理论中,主张奖惩并重, y 为提前或者推迟单位时间给予的奖励或者惩罚.

2.2 质量 - 成本交换关系及优化模型

建筑业质量成本是指建筑施工企业将其产品质量保证在规定标准上所需要的费用,即为获得工程质量所支出的成本.包括预防成本,鉴定成本,内部损失成本和外部损失成本4个部分,可以把前面2种称为预鉴成本,后面两种叫损失成本.关于质量 - 成本关系研究的成果很多,最有名的就是美国著名质量管理学家朱兰博士提出的成本 - 质量关系图,见图5.

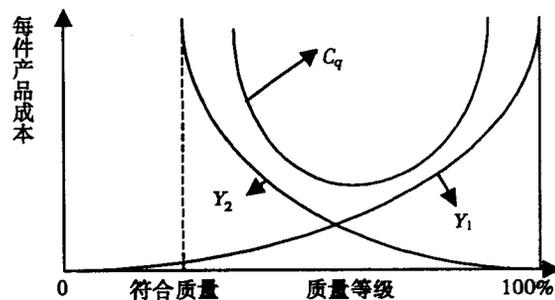


图5 质量 - 成本关系图

图5中, Y_1 为预鉴成本曲线; Y_2 为损失成本曲线; C_q 为质量成本曲线

参阅文献[21]可以模拟单个工作的质量 - 成本曲线函数如下:

$$C_q(i) = C_b(i) \left\{ \lambda_1 \left[\tan\left(\frac{\pi}{2}Q(i)\right) \right]^{k_1} + \lambda_2 \left[\cot\left(\frac{\pi}{2}Q(i)\right) \right]^{k_2} \right\}, \quad (9)$$

式中, k_1, k_2 为质量成本指数; $Q(i)$ 为 i 个活动的质量等级; λ_1, λ_2 为预鉴成本和损失成本占质量成本的比例; $C_b(i)$ 为第 k 活动的费用基本值; $C_q(i)$ 为 k 个活动的质量总成本.

从图5可以看出,当预鉴成本趋于无穷大时,质量等级为100%,这时损失成本接近0;当预鉴成本很小时,此时质量等级只能达到一个符合质量,损失成本却趋于无穷大;当所有产品质量等级都趋于0时,此时还不如不投入建设,没有任何研究意义.经过分析,式(9)的模拟有其合理性.

总质量 - 成本优化模型^[23]:

$$Cq = \sum_{i=1}^n C_b(i) \left\{ \lambda_1 \left[\tan \frac{\pi}{2} Q(i) \right]^{k_1} + \lambda_2 \left[\cot \frac{\pi}{2} Q(i) \right]^{k_2} \right\}, \quad (10)$$

$$\text{s. t. } 0 \leq Q(i) \leq 1,$$

$$Q_a = \sum_{i=1}^n Q(i) \delta_i \geq Q.$$

其中, Q 为合同规定质量等级; δ_i 为工作 i 的质量对整个工程项目质量的权重; Q_a 为项目实际质量, 为每个工作以及相对应的 δ_i 加权和 $\sum_{i=1}^n \delta_i = 1$.

2.3 激励合同的模型设计

设成本、工期和质量的激励系数分别为 x, y, z , 并且激励(惩罚)系数是根据业主对工程的要求不同而不同, 如果某些工程的工期要求比较严格的, 那么 y 就可以定的比较大些, 依此类推. 所激励的基准: 合同所规定的预算成本 C , 工期 T , 质量 Q .

2.3.1 承包商收益优化模型建立

根据根据 2.1 和 2.2 的阐述, 采用成本加激励合同, 则承包商的收益函数优化模型为:

$$\max U_1 = \{f_1 + x(C - C_a) + y(T - T_a) + z(Q_a - Q)\}, \quad (11)$$

其中, U_1 为承包商收益; C_a, T_a, Q_a 为分别为实际成本、工期、质量.

$$\text{s. t. 1) } x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0;$$

$$2) \text{ 对于任意 } i, j \text{ 有 } LT_i - ET_j \leq 0$$

$$T_a = LT_n \quad D_n(i) \leq D(i) \leq D_c(i)$$

$$Q_a = \sum_{i=1}^n Q(i) \delta_i \geq Q;$$

$$\text{其中, } \sum_{i=1}^n \delta_i = 1 \quad 0 \leq Q(i) \leq 1.$$

$$3) C_a = \sum_{i=1}^n \{ [C_c(i) + s(i)] [D(i) - D_c(i)] + (T_a - T) S_1 \} + \sum_{i=1}^n C_b(i) \left\{ \lambda_1 \left[\tan \frac{\pi}{2} Q(i) \right]^{k_1} + \lambda_2 \left[\cos \frac{\pi}{2} Q(i) \right]^{k_2} \right\}. \quad (12)$$

承包商的目标就是在施工期间根据合同的规定以及业主设立的激励系数, 达到己方利润最大化, 即在式(11)以及相应的限定条件下, 通过调整工期、成本、质量 3 个因素的组合, 追求利润最大化.

2.3.2 招标人支付优化模型

如前所述, 招标人的目标是 minimized 支付, 所以在建立招标人的支付优化模型时, 把工期缩短给招标人带来的收益, 以及质量增加给招标人带来的收益都看作是负支付. 所以招标人的优化收益函数如下:

$$\min U_2 = C_a + f_1 + x(C - C_a) + y(T - T_a) +$$

$$z(Q_a - Q) - (T - T_a)(S_1 + M_1) - (Q_a - Q)M_2, \quad (13)$$

其中, U_2 为为招标人的支付; M_1 为提前单位时间给招标人带来的收益; M_2 为质量的提高给招标人带来的收益;

S. T. (和承包商完全相同)

$$1) x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0;$$

$$2) \text{ 对于任意 } i, j \text{ 有 } LT_i - ET_j \leq 0$$

$$T_a = LT_n \quad D_n(i) \leq D(i) \leq D_c(i)$$

$$Q_a = \sum_{i=1}^n Q(i) \delta_i \geq Q;$$

$$\text{其中, } \sum_{i=1}^n \delta_i = 1 \quad 0 \leq Q(i) \leq 1$$

$$3) C_a = \sum_{i=1}^n \{ [C_c(i) + s(i)] [D(i) - D_c(i)] + (T_a - T) S_1 \} + \sum_{i=1}^n C_b(i) \left\{ \lambda_1 \left[\tan \frac{\pi}{2} Q(i) \right]^{k_1} + \lambda_2 \left[\cos \frac{\pi}{2} Q(i) \right]^{k_2} \right\}$$

2.4 对模型的评析

招标人主要目的是最小化自己的支付, 在合同中设立奖惩机制, 也是为了更好的达到这个目的. 所以合同的设立必须考虑承包商对合同机制的反应, 预测合同对承包商的激励作用, 从而优化合同机制, 使得合同能够更好地协调承包商和招标人的利益, 在合同机制下, 双方的利益都能达到最大化. 在此过程中, 首先是招标人的合同机制设计, 以期达到项目建设期支付最小, 寿命期内收益最大; 然后是合同履行过程, 投标人根据自己的相关情况, 以求得在合同机制下, 施工阶段利益最大化. 可以看出, 招标人的决策变量会影响到投标人的决策变量; 招标人具有比投标人更大得权力, 可以对投标人进行调控, 同时投标人的决策也会对招标人的收益产生影响, 招投标人之间有一种相互制约的主从关系. 根据文献[24]可以判断出这是 Stackelberg 主从递阶决策模型. 模型的均衡状态就是承发包双方收益的“双赢”状态, 在此点, 都达到己方的目的.

3 模型算例

对于 Stackelberg 决策模型, 很多文献[23 - 25]都认为最好的算法就是遗传算法 (GA Genetic Algorithm). 传统的网络优化考虑的因素单一, 使用枚举法也仅仅是限于项目比较简单情况, 并且对于连续连续函数, 枚举法要求先对其进行离散化处理, 这样就能因离散处理而永远达不到最优解. 由于遗传算法对问题本身的限制较少, 对问题目标函数和约束条件既不要求可微也不要求连续, 仅仅要求本问题是计算的;

同时它的搜索始终遍及整个解空间, 能找到近乎全局最优解。

30 000, $S_1 = 7\ 000$, $f_1 = 60\ 000$, 工程的合同工期 48 d, 合同质量等级 0.8, 预算成本 68 万元. K_1, K_2 可以根据极限状态求得。

设某工程的数据, 如表 1 所示, $M_1 = 12\ 000$, $M_2 =$

表 1 某工程数据

工作代号	工作名称	$D_n(i)$	$D_c(i)$	$C_n(i)$	$C_c(i)$	$C_b(i)$	δ_i
1-2	A	24	20	120 537	144 608	7 500	0.13
1-3	B	18	18	97 782	97 782	2 400	0.13
2-3	C	7	5	9 764	12 456	1 200	0.12
2-4	D	3	3	4 800	4 800	800	0.13
3-4	E	4	4	6 325	6 325	1 100	0.14
3-5	F	12	10	14 589	19 856	1 250	0.12
4-5	G	0	0	0	0	0	0
4-6	H	10	10	11 023	11 023	3 500	0.13
5-6	K	5	3	6 523	9 235	2 000	0.1

计算得到均衡状态, 最优激励强度: $x = 22.12$, $y = 16.24$, $z = 17.58$, 工程优化后的 $T_a = 43.25\ d$, $C_a = 668\ 020$, $Q_a = 0.84$, 承包商和业主的收益 $U_1 = 72\ 345$, $U_2 = 645\ 892$ 。

5 结 论

激励合同的设置是合作而不是对立, 业主设置奖惩机制目的在于统一承包商与己方的目标, 使承包商为规避惩罚, 争取奖励所做的努力有利于业主的更大收益. 激励机制的实现在于机制的效用与奖励实现的可能性, 所以业主在设置激励合同时, 应把激励系数和激励标准要设置得更合理, 协调己方与承包商的利益. 其实, 在模型求解中, 大型的工程可以借助 Matlab 最优化软件, 进行简单的编程, 便可求解。

参考文献:

[1] 北沙. 我眼中的招投标[J]. 建筑, 2004, (8): 85-89.
 [2] 张芳, 王晓华, 卓平. 构筑工程项目“双赢”平台[J]. 中国石油企业, 2004, (5): 94-94.
 [3] 王孟钧, 王艳. 建筑市场激励机制的博弈分析[J]. 武汉理工大学学报, 2001, (4): 78-80.
 [4] 简迎辉, 杨建基. 工程合同中激励机制的设计[J]. 中国农村水利水电, 2004, (2): 90-92.
 [5] 赵道致, 张文慧. 招投标中激励机制设计[J]. 现代财经, 2002, (11): 12-15.
 [6] 鲁耀斌, 黎志成. 大型合同招标中多激励定价模型研究[J]. 华中理工大学学报, 1998, (2): 103-105.
 [7] JIN FANG SHR, WEI TONG CHEN. A method to Determine Minimum Contract bids for Incentive Highway Projects[J]. International Journal of Project Management, 2003 (21): 114-122.
 [8] ABDULAZIZ A BUBSHAIT. Incentive/disincentive contracts and its effects on industrial project[J]. International Journal of project Management. 2003 (21): 63-70.
 [9] BERENDS T C. Cost Plus Incentive Fee Contracting-experiences and structuring [J]. International Journal of Project

Management, 2000(18): 348-362.
 [10] 汪嘉旻, 孙永广, 吴宗鑫. 收益激励的优化与最优工期的选择[J]. 系统工程, 2000, (5): 5-10.
 [11] 王应洛, 杨耀红. 多合同的激励优化与最优工期确定[J]. 预测, 2005, (2): 60-63.
 [12] 王卓甫, 杨高升, 肖亦林. 建设工程合同激励机制的探讨[J]. 建筑, 2005, (5): 34-36.
 [13] 鲁耀斌, 黎志成. 多激励合同定价模型性质研究[J]. 华中理工大学学报, 1998, (2): 106-108.
 [14] 鲁耀斌, 张金隆等. 多激励合同定价中最优风险分担率的研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999, (5): 24-28.
 [15] BADU A J G, Nalina Suresh. Theory and Methodology Project Management with Time, Cost, and Quality Considerations[J]. Journal of Operational Research, 1996, 88: 320-327.
 [16] 张姝洁, 戴毅. 工程建设中的激励因素分析[J]. 港工技术, 2004, (12): 32-34.
 [17] 张双甜, 成虎. 固定总价合同中应注意的问题[J]. 建筑管理现代化, 2002, (2): 33-35.
 [18] JON BROOMW, JOHN PERRY. How Practitioners Set Share Fractions in Target cost Contracts[J]. International Journal of Project Management, 2002, 20: 58-64.
 [19] SC WARD, CB CHAPMAN. Evaluating Fixed Price Incentive Contracts[J]. Omega. int. J. Manag. Science, 1995, (1): 175-191.
 [20] 王健, 刘尔烈, 骆刚. 工程项目管理中工期-成本-质量综合均衡优化[J]. 系统工程学报, 2004, (4): 148-153.
 [21] 王玉昆, 李文华, 李艳红. 基于遗传算法质量工期成本多目标优化研究[J]. 建筑技术开发, 2003, (7): 101-104.
 [22] 李斌, 雷书华, 高伟. 施工项目三要素集成管理模型的构建及应用[J]. 技术经济与经济管理, 2004, (4): 57-58.
 [23] 郑泳凌, 马龙华, 钱积新. SGA(Simplex-Genetic Algorithm)一类求解 Minimax 问题的通用算法[J]. 系统工程理论与实践, 2002, (12): 33-39.
 [24] 盛昭瀚. 主从递阶决策论-Stackelberg 问题[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
 [25] 常良峰, 黄小原, 胡建忠. 一类供应链订货的 Stackelberg 主从对策[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2003, (2): 174-177.

(下转第 155 页)

4 结语

美国商务部2003年的一份报告显示,建筑领域的人均生产效率比1964年还有所下降.相关分析家认为这是和建筑领域盛行的“设计-招标-建造”(DBB)模式分不开的. DBB模式人为将设计和建造分割开,责任和信息也随之分化,这种多环节、多参与的分离导致了时间、资源的浪费和矛盾纠纷的产生,从而降低了工作效率,而这个问题在我国现行的工程项目运作中也是普遍存在.

因此,工程项目全过程集成化管理应是建筑项目管理的一种发展趋势.基于5D模型的项目管理方式,运用了先进的计算机科技,较好地整合了设计、施工、使用等阶段,提高了工程中范围、进度、成本、沟通以及信息管理的效率,体现了协同设计和协同施工的思想,为解决工程领域集成化管理问题探索了新的理论、途径和方法,对提高中国工程管理水平 and 建设节约型社会也具有重要意义.

参考文献:

- [1] MACHOVER C, TICE STEVE E. Virtual Reality[J]. IEEE Computer Graphics and Application, 1994, (1): 15-16.
- [2] BOUCLAGHEM DINO, SHANG HUIPING, WHYTE JENNIFER, et al. Visualisation in Architecture, Engineering and Construction (AEC) [J]. Automation in Construction, 2005, (14): 287-295.
- [3] CHAU K W, ANSON M, ZHANG J P. 4D Dynamic Construction Management and Visualization Software: 1 Development[J]. Automation in Construction, 2005(14): 512-524.
- [4] 丁卫平, 陈建国. 4D技术在工程项目管理中的应用和发展趋势[J]. 基建优化, 2004, 25(4): 1-4, 12.
- [5] CLOUGH RICHARD H, SEARS GLENN A, SEARS S KEOKI. 建筑项目管理[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [6] 任宏, 竹隰生, 刘贵文等. 建设工程成本计划与控制[M]. 北京:高等教育出版社, 2004.

Innovation of Construction Projects Management Based on the Five-dimension Modeling

REN Hong, ZHAO Dong

(College of Construction Management & Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Nowadays, the computer technology is applied more and more widely in the architecture, engineering and construction industries (AEC). This paper introduces a methodology of construction project management based on the five-dimension modeling which integrates three-dimension building models, resources and schedules by the development of virtual construction technology. The application of this method also influences several aspects of project management such as range, time, cost, resource, communication and information management. Finally, the process of 5D modeling and the management practice are presented through a real life case in Beijing which proves to be a more efficient, productive and economy project.

Key words: five dimensions; modeling; construction management; virtual construction

(编辑 姚飞)

(上接第151页)

Designing the Best Incentive Contract Mechanism On Construction Project

CHEN Si-yuan, ZHANG Wei

(Faculty of Construction Management and Real Estate, Chongqing University 400030, China)

Abstract: This article is established in the Max-profit for both tender and bidder, to their "Win-Win". The most concerned factors - cost, time, quality are taken as the incentive factors at the same time, and are combined in a mathematics model. By using the CPIF contract, the authors establish Stackelberg decision to incentive the both, and then optimize their both profits. Then, they introduce how to use genetic algorithms to compute the model. Finally, the model is illustrated coith an example.

Key words: project management; incentive contract; Stackelberg decision; genetic algorithms

(编辑 陈移峰)