

基于蒙特卡罗模拟技术的工程造价风险因素分析*

孙海虹, 叶晓甦

(重庆大学 建设管理与房地产学院, 重庆 400045)

摘要:将工程造价风险管理理论、技术与概率分析、数理统计、计算机技术等紧密结合,立足于主动控制原理,运用蒙特卡罗模拟及水晶球(Crystal Ball)软件,分析具体工程项目造价的风险水平,检验模型与具体实际相结合时发挥的实效性,提出规避造价风险的措施和方法,为建设工程项目造价管理模式提供决策参考,提高造价管理的效率和精度。

关键词:风险管理;蒙特卡罗模拟;水晶球软件分析

中图分类号:TU723.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2005)06-0121-06

Analysis of Risk Factors of Project Cost Base on the Monte - Carlo Simulation

SUN Hai - hong, YE Xiao - shu

(College of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: This paper combined the method of probability, mathematical statistics, and technology of computer with theory of Project cost risk management, based on the theory of initiative control and took the Crystal Ball as an assistant tool to analyze the risk of cost management in a certain project, verify the actual effect of the model when it is used to the practice, give some suggestions to evade risk in a certain degree and mend the existent decision model to improve the efficiency and precision of analysis of cost management risk.

Keywords: risk management; Monte Carlo simulation; Crystal Ball software

对工程造价管理的认识是一个不断深入和拓展的过程,它所涉及的管理内容不断扩展,进行的管理工作不断深入细致,理论体系和技术方法也不断地完善和健全。

在简单概预算控制广泛运用几十年后,20世纪70年代末,英美造价工程界的学者和实践工作者提出了以实现整个生命周期总造价最小化为目标的“全生命周期造价管理”理论(Life Cycle Costing,简称LCC)。这一时期产生了许多有代表性的学术著作及文献,如R. C. Petts和J. Brooks的“全生命周期造价模型及可能的应用”,项目全生命周期造价的仿真分析,R. Flanagan的《工程项目全生命周期造价核算》等。该理论研究的主要问题包括:投资决策经济分析评价,如寿命周期评价方法——LCA;全过程仿真模拟;不确定性风险预测,如利用Crystal Ball进行蒙特卡罗模拟等。工程造价风险管理问题首次作为专业的课题进行研究和探讨。

20世纪80年代中期,我国工程造价管理领域的学者和实践工作者提出了对工程项目进行全过程造价管理的思想。在1997年《建设工程造价管理工作要素》中提出“要从建设工程的前期工作开始,采取‘全过程、全方位’的管理方针”。该方法在工程项目涵盖的活动中对工程造价进行管理,未涉及工程造价风险方面的问题。

1991年,曾任AACE会长的理查德·威斯特尼于在西雅图年会上提出全面造价管理(Total Cost

* 收稿日期:2005-06-24

作者简介:孙海虹(1979-),女,新疆人,硕士生,主要从事技术经济研究。

Management,简称TCM),国际造价工程师对全面造价管理理论与实践进行了大量的研究和推广,先后有许多针对该领域的研究文献问世:如John Hollmann主持的《AACE-I全面造价管理指南》课题研究,N.K.Gupta的“全面造价管理在资本投资项目中的应用”等。该方法利用科学的理论解决传统的,仅限于工程造价确定和狭义控制的工程造价管理、经济分析、风险分析、价值分析、质量分析等十个方面的问题。我国学者将建设项目的特点与全面造价管理理论相结合,将该方法体系分为建设项目全过程造价管理、建设项目全要素造价管理、建设项目全风险造价管理及建设项目全团队造价管理四个方面。

从造价管理的理论研究发展历程中可以发现,有关造价风险管理的理论也随之得到相应的重视。然而,到目前为止,学者和业界工作者对工程造价风险管理方面的成本构成要素受到各种因素影响的不确定性,从而导致工程造价的不确定性,对不确定性进行主动控制和量化分析等,在我国仍然是一个难以突破的瓶颈。

针对这一现状,本文以蒙特卡罗模拟法为基础,应用水晶球软件技术,结合实例对工程造价风险管理因素进行分析,针对我国目前造价风险分析技术和方法提出建议和改进思路。

1 工程造价风险构成与管理

1.1 工程造价风险因素构成

建设项目的实现过程和一般的产品生产过程不同,它是在不确定性外部环境和条件下进行的。影响工程项目的风险既包括宏观的政治、经济、社会、法律、自然环境等造成的风险,也包括来自业主、承包商、监理等其他有关主体行为造成的风险。这些风险对工程项目目标的影响体现在很多方面,主要包括工期风险、造价风险、质量风险等。造价风险包含三种成分:确定性的造价、风险性的造价和完全不确定性的造价。不同性质的造价贯穿于建设项目实施的全过程,只有到项目完成时,才能最终形成一个完全确定的工程造价。工程造价风险主要表现在成本构成要素的不确定性上。成本构成要素是指构成工程成本的各项费用支出,主要包括土建费用、其他费用和预备费等。由于要素各子项均存在不确定性,而造成工程造价也存在不确定性。这种不确定性需要我们采用科学的管理技术和方法进行准确度量。

1.2 传统工程造价风险管理存在的缺陷

目前较为通用的造价分析、预测和决策工具是传统的工程造价管理技术与风险模拟工具,这些传统技术和工具存在共同的缺陷:

1) 普遍对概率分析不够,造价计算方法就是将各成本构成要素简单加和,从而得出工程造价的确定值。

2) 是一种确定性的工程造价计算方法,这种方法显然人为地将工程项目成本构成要素的不确定性忽略掉,未考虑随机变量的概率分布,将不确定性变量进行单一概率假设(如机会均等方法),从而只进行单一值分析,缺乏必要的可信度。

3) 对工程造价管理中存在风险的控制是一种事后控制。

综合分析各种工程造价风险分析方法的利弊,笔者认为应用蒙特卡罗模拟法是主动控制造价的一种有效方法,另外,基于蒙特卡罗模拟法研制的水晶球软件技术,也是一种较好的预测造价风险的工具,它弥补了传统工程造价风险管理技术的缺陷。业主和专业咨询人员在项目初期可以用它来评价某一预测价格,并由此确定项目的可行性。

2 蒙特卡罗模拟法的风险控制

2.1 蒙特卡罗模拟法

蒙特卡罗(Monte-Carlo)模拟又称统计试验法,是一种通过对每一随机变量进行抽样,将其代入数据模型中,确定函数值的模拟技术。独立模拟试验 N 次,得到函数的一组抽样数据,由此可以决定函数的概率分布特征,包括函数的分布曲线,以及函数的数学期望、方差等重要的数学特征。

蒙特卡罗模拟技术可以利用成本构成要素的概率分布来得出对总成本预测的一系列模拟。在模拟

分析过程中,该方法通过从各个成本构成要素的概率分布中抽取独立样本来对项目成本进行试算,一部分试算结果可能偏向于乐观值,而另一部分可能偏向于悲观值。在对项目成本进行第一次试算后,计算机可多次重复这一过程,利用随机数发生器选择一定区间内的值,这种选择根据概率分布确定数据出现频率。其目的是估计依据若干概率输入变量确定的结果变量的分布。简而言之,蒙特卡罗方法就是模拟随机变量 x_1, x_2, \dots, x_p 的函数:

$$\eta = \eta(x_1, x_2, \dots, x_p)$$

作为一种独具风格的方法,蒙特卡罗模拟法的特点是:模拟算法简单,过程灵活;可模拟分析多元风险因素变化对结果的影响;模拟结果的精度和模型的维数无关;模拟成本低,并可方便地补充更新数据。概括蒙特卡罗模拟法在工程造价中应用的优点包括:

1) 多参数分析。将不确定性转化为概率,可以进行各种风险和不确定性参数同时变化的造价分析、处理。比如:在许多情况下,不同成本构成要素(如材料、人工、机械等)受多种不确定性因素(如市场、政策等)影响同时变化,并且按照一定的概率分布随机变化。

2) 全过程工程造价动态控制。项目初始阶段信息或技术规范不完备,预计的各种影响工程造价的因素有可能随时间的推移而消失或减弱,同时可能出现新的影响因素。因此在不同阶段,根据信息的获得情况不断调整成本构成要素的概率分布,运用蒙特卡罗模拟原理产生新的成本控制依据,从而进行成本规划与控制。另外,该原理充分考虑折现率的概率分布,可以有效的进行投资分析,从而做出准确的决策。

3) 预测信息丰富。可获得项目所要模拟的工程造价的概率分布,包括造价的均值、标准差;可进行趋势分析,这在与时间有关的预测中特别有用;可获得不同置信水平下的工程造价数额;可进行灵敏度分析,确定每个假设单元(成本构成要素或工作包)对预测单元(待模拟的工程造价)的影响。

4) 有效考虑成本构成要素的相关性。工程造价的某些成本构成要素存在一定的相关性。比如,电气安装费用将随着建筑物安装空调系统而增加,并随机械费用的增加而增加。蒙特卡罗模拟技术可以通过定义成本构成要素之间的相关系数,充分考虑成本构成要素的相关性,对工程造价进行较为准确的预测。

2.2 工程造价风险管理技术——“水晶球”软件

结合工程造价风险管理技术,造价风险预测软件的研究和运用也已达到一定水平,基于蒙特卡罗模拟法研制的水晶球(Crystal Ball)软件是对工程造价风险评估的重要工具之一。

Crystal Ball 模型通过运用蒙特卡罗模拟系统对某个特定状况预测所有可能的结果,自动完成各种假设过程。该程序在定义许可的范围内生成随机值,经过成百上千次的严格运算,将每种结果分别赋予各种可能性。这个过程减少了必须由人工输入各种不同可能性的工作量,节约了时间。某些较复杂的工作,如生成分布的随机数、复制电子表格、汇集结果和计算统计量等都是自动执行的。

在工程造价管理中,运用该软件时不必在电子表格内详细规定不确定性变量的分布,这项工作被放在软件内部环境中处理。真正需要规定的是表述不确定性变量和输出变量的单元。在该软件中,这些单元分别被称为 assumption cells(假设单元)和 forecast cells(预测单元)。对于高级用户来说,Crystal Ball 可以提供关联假设,敏感度分析,数据分布相称性分析及预测控制等高级功能,这些功能可提供更精确的分析,快速方便地生成浅显易懂的图表和报告,详细的资料可显示出各种假设情况、预测结果以及每一种情况的可能性,从而对工程造价的不确定性做出合理量化,同时简化了决策分析过程。因而该软件常被用于为单个项目的主要风险和不确定性建立模型,或估计组合总价值与风险。

3 蒙特卡罗模拟法在工程项目风险管理中的应用

3.1 项目概况

我们选取重庆市 RM 大厦投资情况进行分析。该项目位于行政中心区内,建筑由办公楼、会议中心和酒店三部分组成。工程占地 44 594 m²,总建筑面积为 55 000 m²,总投资 31 697 万元,包括:

- 1) 工程费用 24 655 万元,含土建工程、室内给排水、强弱电气、室内通风排烟空调系统等分项;
- 2) 其它费用为 6 119 万元,含征地费、设计费、监理费、以及各种建设行政规费;
- 3) 预备费 923 万元。

其中工程费用是构成工程总投资的主要部分,也是工程造价计量产生风险的主要部分。利用蒙特卡罗模拟法及水晶球软件对建设过程中工程费用可能产生的风险进行度量和预测过程如下。

3.2 分析过程

3.2.1 工程费用模拟分析步骤

1) 按项目建立工程费用的电子表格模型,选择成本控制要素。在工程费用模拟模型构建过程中,我们主张采用从下到上的构建过程,即从最基本的成本构成要素逐级向上构建。案例中选取 10 个大项共计 28 个子项作为成本控制要素建立电子表格,主要包括:土建工程费用,室内给排水部分,柴油发电机组、电气照明、室内弱电部分,室内通风排烟、空调部分,电梯、扶梯,室外管网,环境工程费用,专用设备购置费,专业管网等。

2) 规定关于概率变量的假设,水晶球软件已准备好概率分布可供选择。案例中根据历史数据统计、经验值判断等方法,分别对各子项进行概率变量分布假设,选取正态分布、三角分布、对数分布、均匀分布等作为各子项的分布假设(均由计算机自动完成)。

3) 规定预测单元即有关输出变量。案例中设定“工程费用”。

4) 设定迭代次数。一般而言,迭代次数越多,模拟结果越精确。案例设定迭代次数为 3 000 次,该数据在下图(工程费用重叠图)中显示。

5) 运行模拟。在“运行首选”对话框内选择定义蒙特卡罗模拟。然后运行模拟。

6) 模拟结束后,在重叠图中定义置信水平(案例中定义置信度为 90%),从而测算出造价范围。

3.2.2 工程费用模拟运行结果分析

1) 工程费用重叠图分析

案例中预测单元(“工程费用”)经过 3 000 次迭代后,其结果如图 1,图 2 所示:

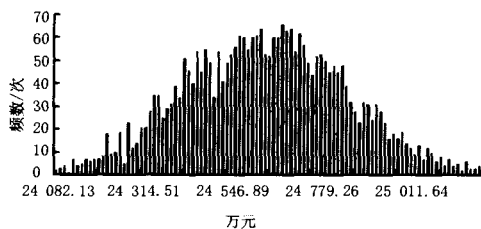


图 1 预测:置信水平为 100%的工程费用重叠图

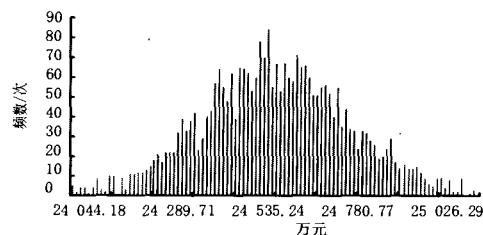


图 2 预测:置信水平为 90%的工程费用重叠图

对工程费用重叠图进行分析可得到工程费用均值(24 647.17 万元)、中值(24 647.83 万元)、标准差(234.34 万元)等,见下表 1 所示:

由以上图表可见,工程费用经过 3 000 次迭代后均值在 2.46 亿元范围内波动,变动跨度在前后 900 万至 1 000 万元左右波动。在置信水平不同时,工程费用的取值范围也不尽相同。

2) 灵敏度分析

模拟分析得知,28 个构成工程费用的子项与工程费用的相关程度并不相同,按照与工程费用的相关性排列,绘制出灵敏度分析图如图 3。

从图 3 可见,与工程费用最为相关的子项是室内精装修,相关度达 0.7,其次是上部结构,相关度为 0.55,再次是专用设备购置费,相关度为 0.22。其他子项与工程费用的相关度均不超过 0.2,且均属正相关。

3) 工程费用累计图分析

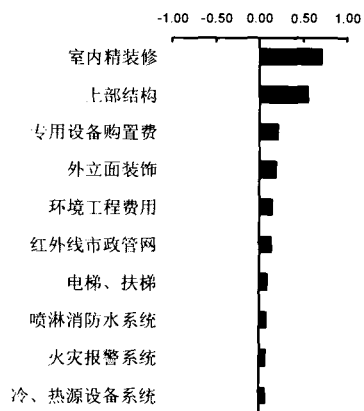


图 3 灵敏度分析表

工程费用累计图表明,在不同概率水平下工程费用达到不同的高度。即满足工程不同档次和要求,工程费用档次不尽相同,要求越高,工程费用越高;反之,投入资金越多,满足要求的可能性就越大。见下图4,5所示:

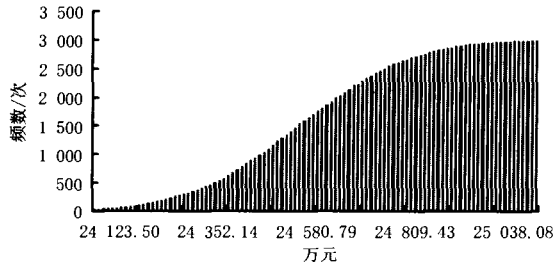


图4 预测:工程费用累计图

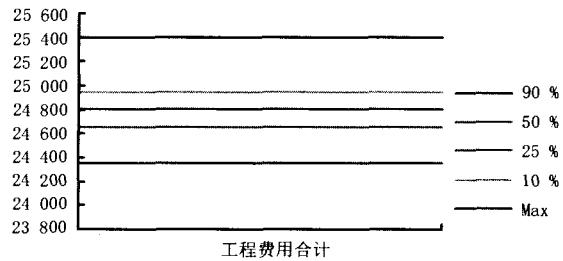


图5 趋势图

对以上两图表(图4、图5)数据归纳如下表2:

表1 对工程费用重叠图的解释

统计量	数值
迭代次数	3 000.00
平均值	24 647.17
中值	24 647.83
分布	-
标准差	234.34
离差	54 915.67
偏斜度	-0.03
可变系数	0.01
最小值范围	23 840.84
最大值范围	25 517.01
跨度	1 676.17
中值标准误差	4.28

表2 对工程费用累计图的解释

百分数	万元
0%	23 840.84
10%	24 350.02
20%	24453.38
30%	24 528.23
40%	24 588.78
50%	24 647.83
60%	24 702.25
70%	24 764.69
80%	24 844.78
90%	24 954.61
100%	25 517.01

该项目工程费用根据传统方式按照定额汇总为24 653.81万元,从水晶球软件模型可以看到,在考虑了风险和概率因素后,按照定额汇总价款提供的数据只能保证以50%的可能性完成任务。造成这种结果的原因在于:

第一,考虑到国内建材市场波动幅度较大,目前建材的价格处于近十年来的峰值,因而成本随之居高不下。

第二,本案例所涉及的工程项目为政务建筑,投资资金由政府财政拨款。根据国家有关规定,党政机关建设用房有其严格的标准,且标准偏低。如遭遇建材涨价、方案调整、使用功能变动等因素,成本突破报价的可能性极高。

4 结论及建议

针对以上分析及结果,工程造价风险管理需要从多方面着手,如合同、监理等各个方面,将工程全过程中影响工程成本构成要素的因素均应当纳入对工程造价的风险控制中。因而笔者建议从以下方面控制成本构成要素的不确定性,并规避工程造价风险带来的不利影响:

1) 在招投标过程中,尽量选择质优价廉的方案,在满足使用功能的前提下,考虑造价以内的报建方案。在控制各阶段进行技术经济比较,对设计变更的可能性进行严格控制,注重合同对工程造价的不利影响。

2) 在工程建设过程中,应加强监理。在项目管理班子中落实造价风险控制组织、人员,明确任务分工和职能分工;编制各阶段的造价控制工作计划和详细的工作流程图;进行投资偏差分析等,将成本控

制在报价以内。

3) 进行充分的风险评估。风险评估是提高项目风险管理效果的关键。在项目开工前进行了全面的风险评估,管理者就会对影响项目造价的关键环节做到心中有数,就能够尽可能地采取措施控制已预知的造价风险。特别要注意的是环境改变时的风险管理。

4) 针对不同类型的建筑应当把握构成风险的重点因素,采取不同的风险管理措施。例如从模型分析中看到,室内精装修的费用对工程费用的影响最大,因而在装修过程中,对装修档次,选材等均需要慎重考虑并加以严格控制。另外案例工程属于政务建筑,由政府投资建设,因而在合理的范围内可以适当请求财政追加工程款,以更大的概率确保方案实施。

参考文献:

- [1] 詹姆斯. R. 埃文斯,戴维. L. 奥尔森. 模拟与风险分析[M]. 上海:上海人民出版社,2001.
- [2] 戚安邦. 工程项目全面造价管理[M]. 南京:南开大学出版社,2000.
- [3] 申立银. 风险管理. In (eds) Risk Best building in Value: Pre - design Insures[M]. Hong Kong: Arnold Publishers, 1999.
- [4] Lisfson, M. W. & Shaifer, E. F. 项目管理的风险分析与决策[M]. 香港:香港理工大学出版社,1982.

(上接第120页)

决策者的知识、经验至关重要。商业物业的准确定位还取决于后期的运作和对各种资源的合理利用。本文以决定零售或专业市场为例,层次分析法同样也适用于零售或专业市场的进一步划分。

参考文献:

- [1] 王学东. 商业房地产投融资与运营管理[M]. 北京:清华大学出版,2004.
- [2] 王燕珂,李飞. 商业物业管理瓶颈及对策分析[J]. 商业时代,2004,(15):20-21.
- [3] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津:天津大学出版社,1988.
- [4] 王莲芬,许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京:中国人民大学出版社,1990.
- [5] 广州凌峻房地产咨询有限公司. 商业物业营销力全攻略[M]. 中国物价出版社,2002.
- [6] 许树柏,李左凤,张世英,等. 层次分析法——决策的一种实用方法[A]. 中国未来研究会第一届学术年会论文选编[C]. 1982.