

基于仿真技术的水利工程项目进度与费用的风险评价

沈菊琴¹, 陈军飞¹, 欧阳芳²

(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: 讨论水利工程项目进度和费用的风险, 建立了基于三角分布的网络计划进度和费用风险评价的随机模拟模型. 通过统计分析得到进度和费用的模拟概率分布, 进而得到进度和费用风险曲线, 为评价工程项目的风险提供了依据. 最后, 对东深供水改造工程某抽水泵站施工网络计划进行模拟, 给出其进度和费用的风险分布.

关键词: 网络计划; 工程进度; 项目费用; 风险评价; 仿真

中图分类号: TV511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1980(2004)01-0123-04

大型水利工程项目由于投资巨大、建设周期长、影响工程建设的风险因素众多(如自然风险、技术风险、经济风险、管理风险、环境风险等), 往往具有较大的风险. 对水利工程项目建设过程中所涉及的风险的识别、评价以及能否根据评价结果采取正确的处理策略往往决定项目建设的成败. 为了降低工程建设的风险, 项目业主、施工单位一般都根据进度、投资、质量控制的原则, 采取相应的风险控制措施, 对工程项目实施宏观或微观控制. 本文根据工程网络计划图, 采用网络计划的计算机仿真技术, 模拟工程网络系统的运行状态变化, 对工程的工期和费用进行模拟, 获得工程网络计划系统的进度和费用的统计分布估计, 以期对工程项目进度与费用的风险进行评价.

1 施工进度计划风险的定义

施工进度计划风险是指在规定时段内施工项目网络进度模拟计算完工日期超过计划完工日期的概率, 其数学表达式为^[1]

$$R_T = P(T_C > T_P) \quad (1)$$

式中: T_C ——根据 CPM 方法计算得到的工期 (T_C 具有不确定性, 采用仿真模拟得到); T_P ——计划的完工日期.

工程项目费用也具有很大的不确定性. 就工程网络计划而言, 是由于各种风险因素的综合作用造成网络计划的各工序费用的不确定性, 最终导致整个工程网络计划的总费用是不确定的. 对于网络计划费用的风险分析也可以类似地采用式(1), 只不过这时要求的是网络计划模拟计算的总费用大于计划总费用的概率, 即

$$R_F = P(F_C > F_P) \quad (2)$$

式中: F_C ——网络计划模拟计算得到的总费用; F_P ——计划的网络费用; R_F ——仿真的费用大于计划费用的概率.

2 工程施工进度和费用的不确定性分析

2.1 工程进度计划的不确定性

水利工程项目施工进度计划的编制, 经常是根据工程量、资源的配备和定额等因素来估计各单项工序的工期, 然而这些因素都具有不确定性, 在实际施工中, 由于工程安排的合理性, 资源的充分性, 人员的经验、技术以及管理等因素的作用, 使得工程的工期具有很大的不确定性. 一般情况下, 工程施工延续时间的概率具有两个基本特征^[1,5] (a) 有一个分布区间, 在此区间内概率密度始终取正值 (b) 在区间 (a, b) 内, 概率密度曲线呈单峰形状. 符合这两个特征的概率分布常见的有正态分布、 β 分布和三角分布, 其分布函数的具体形

式参见文献 [1] 和 [3].

2.2 工程费用的不确定性

工程的施工费用是和工程的进度密切相关的,由于工序工作历时的不确定性,以及水文、地质技术、管理的影响,使得工程的费用是一个不确定的量,工程费用一般也具有一定的概率分布,本文假设其服从三角分布.

2.3 三角分布及其抽样

研究表明,对非肯定型网络计划,不论每一项工作持续的时间满足何种分布,整个网络计划计算工期的不确定性可用近似正态分布描述,而且进度计划中的工序越多就越近似于正态分布^[6]. 本文用三角分布模拟计算,对每一道工序需分别估计 3 个参数,即乐观时间 a 、最可能时间 m 和悲观时间 b . 得到 3 点的估计值后,则三角分布的概率密度函数为

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{m-a} \frac{(b-a)}{(b-m)} & x \in [a, m] \\ \frac{b-x}{b-m} \frac{(m-a)}{(b-m)} & x \in (m, b] \end{cases} \tag{3}$$

仿真模拟时三角分布的抽样公式为

$$v_i = \begin{cases} a + \sqrt{r_i(m-a)(b-a)} & r_i \leq (m-a)/(b-a) \\ b - \sqrt{(1-r_i)(b-m)(b-a)} & r_i > (m-a)/(b-a) \end{cases} \tag{4}$$

式中: v_i ——三角分布随机抽样值; a, m, b ——3 点估计值; r_i ——区间 $[0, 1]$ 内服从均匀分布的随机数.

3 网络计划的仿真

网络计划的仿真是基于随机模拟算法——蒙特卡罗(Monte-Carlo)方法基础上的,它的基本思想是通过网络各工序或工序费用随机变量服从的概率分布模型进行抽样,作为网络计划的一次实现. 通过大量的计算机仿真,模拟工程系统的实际情况,对网络计划在整个实施期间的动态变化情况进行观察和统计,从而获得工程总工期和总费用的统计分布函数,以此计算工程的进度和费用的风险,为风险管理提供决策依据.

基于 Monte-Carlo 方法的计算机仿真的主要步骤如下^[2,3]:

- a. 根据网络计划图,分别估计每道工序时间和费用的 a, m, b 的值;
- b. 确定仿真次数、分组数,确定工序的概率分布(本文取概率分布为三角分布);
- c. 对网络的工序时间进行抽样模拟,并根据 CPM 法计算网络的工期;
- d. 对网络工序费用进行抽样模拟,并求出网络计划的总费用;
- e. 根据模拟结果,统计工期和费用的分布情况,绘制相应的概率密度曲线;
- f. 根据工期和费用分布曲线,用累积概率方法分别采用式(1)、式(2)求工期和费用,并绘出风险曲线,进行相应的风险估计.

4 计算实例

东深供水改造工程某抽水泵站施工网络计划如图 1 所示.

设定仿真次数 $N = 2000$ 次,根据专家对每道工序估计的时间和费用,用三角分布抽样模拟,通过统计分别得到相应的统计直方图和累积概率. 图 2 是总工期频数统计及累积概率风险分布,图 3 为总费用频数统计及累积概率风险分布. 图 2(b)和图 3(b)中“ $\times$ ”表示相应工期时间或费用的累积概率;“ $+$ ”表示相应工期时间或费用的风险.

由图 2 通过输入计划总工期,可计算出相应的风险概率值,输入指定的风险概率值,可求出相应的总工期.

由图 3 可知,通过输入总费用,可计算出相应的风险概率值,输入指定的风险概率值,可求出相应的总费用.

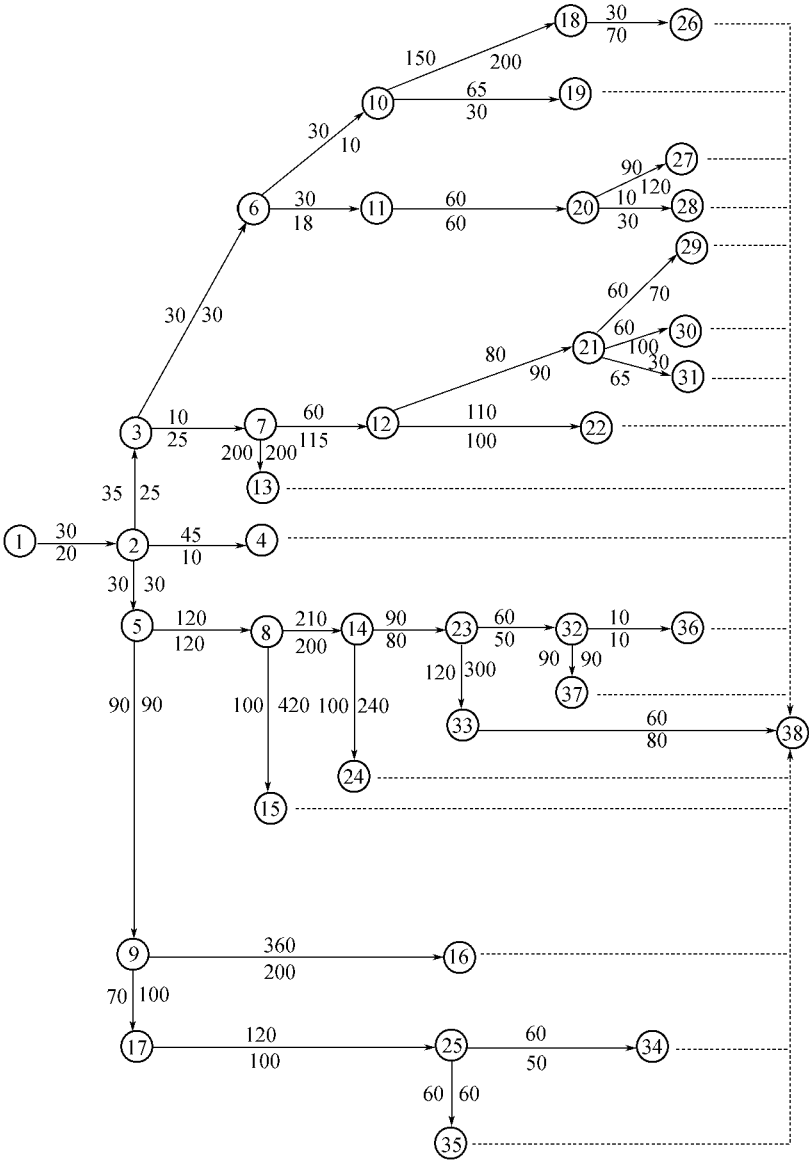


图 1 某泵站施工网络计划示意图

Fig.1 Construction network diagram for a pumping station

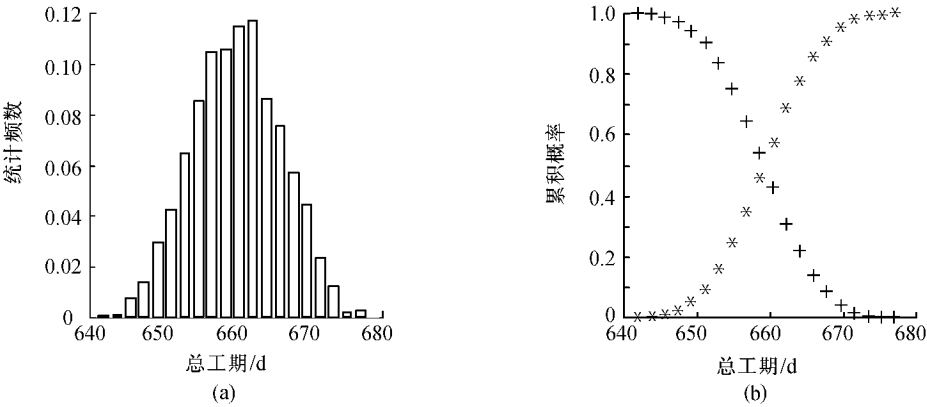


图 2 总工期频数统计及累积概率风险分布

Fig.2 Probability statistics and accumulated probability risk distribution of total schedule

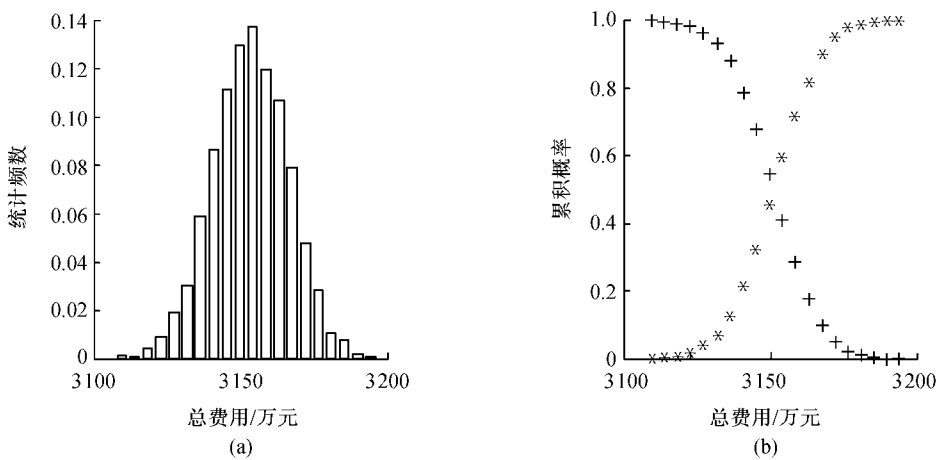


图 3 总费用频数统计及累积概率风险分布

Fig.3 Probability statistics and accumulated probability risk distribution of total cost

5 结 语

本文基于蒙特卡罗方法 ,采用仿真技术对工程网络计划的总工期和总费用进行模拟 ,得到总工期和总费用的统计分布以及风险分布 ,据此可以分别判断工程的工期和费用的风险 ,向管理者提供风险决策信息 ,更好地对工程项目进行风险管理.

参考文献 :

[1] 王卓甫. 水利水电施工进度计划的风险分析[J]. 河海大学学报(自然科学版),1999 ,27(4) 83—87.
[2] 徐哲 ,冯允成. 网络计划进度的风险分析[J]. 系统工程理论与实践 ,1998 (4) 24—28.
[3] 李干生 ,王卓甫 ,白宏坤. 网络计划计算机仿真与风险分析[J]. 河海大学学报(自然科学版) ,2001 ,29(1) 65—69.
[4] 钱颂迪. 运筹学[M]. 北京 :清华大学出版社 ,1998 .288—309.
[5] 中国建筑学会建筑统筹管理研究会. 中国网络计划技术大全[M]. 北京 :地震出版社 ,1993 .807—812.
[6] 王卓甫 ,杨志勇 ,杨建基. 水利水电工程施工进度风险规定下的投资优化[J]. 河海大学学报(自然科学版) ,2000 ,28(6) : 52—55.
[7] 方再根. 计算机模拟和蒙特卡罗方法[M]. 北京 :北京工业学院出版社 ,1988 .1—120.

Simulation technology-based risk evaluation
of schedule and cost for water resources projects

SHEN Ju-qing¹ , CHEN Jun-fei¹ , OUYANG Fang²

(1. International Business School , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China ;
2. Planning and Finance Division , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract : The schedule and cost risks of water resources projects are discussed , and a stochastic simulation model for risk evaluation of network schedule and cost is established based on the triangular distribution. The probability distribution and risk curve of schedule and cost are obtained by statistic analysis , providing a basis for risk evaluation of engineering projects. Finally , the model is applied to the simulation of the construction network schedule for a pumping station in Dongshen water supply reformation project , and the schedule and cost risk distributions are also given.

Key words : network schedule ; schedule ; cost of project ; risk evaluation ; simulation