

项目现金流风险区间的双曲线划分模型研究

晋良海^{1,2}, 李飞隼^{1,2}, 罗兆英^{1,2}, 陈述^{1,2}, 郑霞忠^{1,2}, 江新^{1,2}, 陈雁高³

(1. 水电工程施工与管理湖北省重点实验室, 湖北 宜昌 443002; 2. 三峡大学水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002; 3. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

摘 要: 项目现金流风险管理不仅关系到工程进度与投资, 更牵涉到企业财务周转和资金链安全。为对资金风险进行精细分类管理, 从微观上细致划分项目的资金风险区域, 探究引起现金流波动的风险因素及其特征; 阐明风险不确定性环境下模拟项目现金流的蒙特卡洛(Monte Carlo)仿真方法与步骤; 建立效用-价值联立函数, 阐明现金流风险区分原则; 定义工序的成本指数与收入指数并以其建立坐标系, 同时将 45° 对角线作为标准价值安全线, 构建以标准价值安全线为对称轴的2条渐近线为边界的风险区划分双曲线模型。工程应用表明, 该模型获得的现金流合理, 能够对现金流风险区间进行有效划分, 可为项目风险决策提供理论支持。

关键词: 工程项目; 现金流; 工序价值; 风险区间; 双曲线

Research on the Hyperbolic Interval Partition Model of Project Cash Flow Risk

JIN Lianghai^{1,2}, LI Feisun^{1,2}, LUO Zhaoying^{1,2}, CHEN Shu^{1,2}, ZHENG Xiazhong^{1,2}, JIANG Xin^{1,2}, CHEN Yangao³

(1. Hubei Key Laboratory of Construction and Management in Hydropower Engineering, Yichang 443002, Hubei, China;

2. College of Hydraulic & Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China;

3. Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The risk management of project cash flow is an essential issue not only related to project progress and investment, but also involves the enterprise financial turnover and the safety of fund chain. The classification and management of financial risk is studied herein through the micro-division of project's financial risk area. Firstly, the risk factors and their characteristics of cash flow fluctuation are explored. Secondly, the Monte Carlo simulation method and steps are performed to simulate project cash flow under a uncertainty environment of financial risk and then the utility-value simultaneous function is established to clarify the principle of cash flow risk division. Finally, the cost index and the income index of the process are defined and the coordinate system is established, at the same time, a straight line that is at an angle of 45° is used as the standard value safety line to construct a hyperbolic model with two asymptotic lines as a boundary and with the standard value safety line as a symmetry axis. The engineering application shows that the model can obtain reasonable cash flow and can effectively divide the cash flow risk interval area, therefore which is able to provide theoretical support for project risk decision.

Key Words: engineering project; cash flow; process value; risk range; hyperbola

中图分类号: F406.71

文献标识码: A

文章编号: 0559-9342(2018)04-0047-05

0 引言

在工程项目资金风险管控和综合效益评价过程中, 现金流的预测和分析是管理者普遍关注的问题^[1-2]。现金流管理不当会影响项目工期、质量、经济效益等, 还可能造成项目烂尾, 加重企业的财务

收稿日期: 2017-09-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(51609128); 湖北省重点实验室开放基金项目(2016KSD13, 2016KSD06)

作者简介: 晋良海(1973—), 男, 四川简阳人, 副教授, 博士, 从事水利水电建设项目运营管理、安全工效学研究; 李飞隼(通讯作者)。

负担,严重时引发诸如房利美、房地美之类的次贷危机^[3,4]。同时,对资金的风险应该是有重点、有靶向的精准管理,只有准确地找到资金链中最具风险的薄弱环节,资金管理才能高效,调控措施才能有的放矢。

近年来,众多学者在项目资金风险管理领域开展了富有成效的研究。崔南方等^[5]通过设置时间缓冲的保护,解决净现值损失最小化问题;何文正等^[6]构建了基于里程碑事件支付条件的优化模型,设计了现金流平衡约束下的模拟退火启发式算法;李果、强茂山^[7-8]通过建立S曲线模型,对项目前期缺乏详细规划资料的现金流进行预测和判断;刘东海等^[9]研究了耦合投资-工期风险目标的工程进度模糊综合优化方法;刘雯宇等^[10]解决了以净现值(NPV)与内部收益率(IRR)作为评价指标的冲突问题以及现金流IRR多解问题。以上研究主要集中在项目效益最大化问题和资金评价方法,而对于项目现金流风险区间及其划分的研究尚少。此外,以上研究都是基于宏观层面探讨风险因素对项目现金流整体作用的效果,而不能在微观上具体衡量该因素对现金流风险区域的影响程度,无法进行更为精细的管理。

鉴于此,笔者首先针对现金流波动的随机性和不确定性提出采用Monte Carlo法对其进行模拟估值;然后利用效用-价值联立函数阐明风险区划分原则;最后定义工序的成本指数与收入指数并以其建立坐标系,同时将45°对角线作为标准价值安全线,构建以标准价值安全线为对称轴的2条渐近线为边界的风险区划分双曲线模型,为管理者的决策提供理论参考。

1 现金流波动风险因素

工程项目由于建设周期长,投资费用大、技术复杂、施工环境恶劣且项目各具特殊性,使得项目风险较其他类型项目更多、更大^[11,12]。在进行现金流预估过程中,诸多不同要素造成的不确定性影响表现为以下4方面:

(1)项目进度。实际进度的快慢直接决定了项目资金的使用量,项目如期或超前完工对控制成本至关重要,及早投产并发挥自身经济效益,可以减轻前期融资压力^[13,14]。反之,项目延期完工追加计划成本,可能直接导致投资亏损。

(2)融资计划。充足的启动资金是保证各项工作顺利开展的必要前提。融资计划是否合理,资金能否如期到位,专款能否得到监管保障等,不仅关系到实际费用的有效支出,同时也影响企业的运营

成本和固定投资能力^[15]。

(3)施工管理。项目实施过程中,既要注重技术人员水平、机械设备使用、施工方案拟定等工艺技术的资本投入,同时也应改进现场组织模式的管理,提高资源使用率和作业效率^[16-17]。在保证安全和质量的前提下,不断加强组织管理是企业刚性投资不变条件下节约成本增加收益的有效方法。

(4)环境因素。工程项目多处于露天自然环境中,地质条件复杂,风险性较大。环境不可抗力对现金流的影响具有突发性、随机性^[18]。

2 项目现金流的随机模拟

项目建设过程中,管理者通常以网络计划图组织施工,并针对风险的大小投入相应资金以保证获利。然而,由于风险要素的不确定性造成施工计划的改变,使得现金流具有很大的波动性和随机性,从而导致了资金风险区难以划分。因此,通过模拟的方法预先得到有效且准确的项目现金流是进行风险区界定的重要前提。Monte Carlo分析是一种随机模拟形式,通过建立相关随机变量的统计模型,利用某种抽样方法对所有可能的结果随机生成一定量的统计样本,从而可以预估所求问题近似解的数值分析方法^[19]。采用Monte Carlo法,对现金流进行模拟的本质在于考虑到风险不确定性对工序资金的影响,通过预估资金的可能值及其出现的概率,建立随机数与资金量的关系模型,并利用随机抽样试验计算样本平均值,从而可获得资金期望。在利用Monte Carlo模拟估值时,随机抽样的次数不受其他条件约束,且该方法有效解决了因计算次数增加而造成结果不收敛的问题。现金流模拟流程见图1。具体操作步骤如下:

(1)假定在风险因素影响情况下工序的成本(收入)变化服从某种概率分布。

(2)预估成本(收入)的最乐观值 $OC(OB)$ 、最大可能值 $HC(HB)$ 和最悲观值 $PC(PB)$ 以及各值可能出现的概率之比 $k_o:k_p:k_p$ 。

(3)通过概率比进行线性插值,获得所有成本(收入)整点值的概率比 $k_1:k_2:\dots:k_n$ 。

(4)利用概率比计算各整点值出现的概率 $p_i = k_i / \sum k$ 。

(5)根据所得概率对资金进行随机数编号,建立能够合理描述随机数-成本(收入)的关系模型。

(6)进行多次简单随机抽样试验,获得若干组成本(收入)样本值。

(7)计算平均值作为该工序成本(收入)期望。

(8) 依次模拟所有工序的资金期望值获得项目现金流。

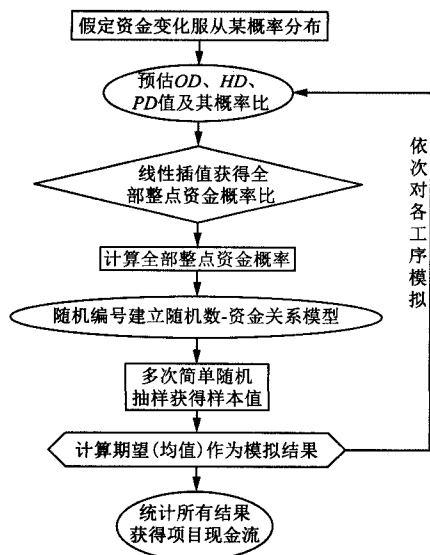


图1 现金流模拟流程

3 效用-价值联立函数及优选原则

假定某工序根据合同约定投入建设成本 $C(t)$, 完工后获得收入 $B(t)$ 。其中, $C(t)$ 、 $B(t)$ 都是关于工期 t 的函数, 以该工序获得的净现值 NPV 作为效用衡量标准, 则效用函数 $N(t)$ 为

$$N(t) = B(t) - C(t) \quad (1)$$

根据价值效用理论, 定义该工序价值函数 $V(t)$ 为

$$V(t) = \frac{B(t)}{C(t)} \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式, 可得工序效用函数为

$$N(t) = [V(t) - 1]C(t) \quad (3)$$

对于不同的工序而言, 当工序价值 $V(t)$ 相等时, $V(t) - 1$ 也相等。令 $V(t) - 1 = K$, 则 $N(t) = KC(t)$ 。若 t 发生无穷小变化时, 即 $\Delta t \sim 0$, $\frac{dN(t)}{dt}$

$= K \frac{dC(t)}{dt}$, 即 $\Delta N(t) = K \Delta C(t)$ ^[20], 成本变化越大, 对效用的影响也越大。由于高成本工序投入资金量大, 在同等风险影响下, 工序效用波动的绝对值大。因此, 综合考虑价值与效用关系, 当工序价值相等或相近时, 高成本工序应为优先选择对象。

4 风险区划分模型

风险区划分模型通过计算项目中各工序的价值指数, 评判成本和收益的匹配程度。同时, 结合优选原则, 以确定工序是否超出资金安全区域, 并分

析资金风险程度。假定某施工网络计划中共有 n 项工序, 根据各工序的成本 C_n 和收入 B_n , 依次计算所有工序的成本指数 CI_n , 收入指数 BI_n 和价值指数 VI_n 。第 i 项工序成本指数 $CI_i = C_i / \sum C$, 收入指数 $BI_i = B_i / \sum B$ ($0 < CI_i, BI_i < 1$), 价值指数 $VI_i = BI_i / CI_i$ 。以 CI 为横轴, BI 为纵轴建立坐标系, 见图2^[20]。图中, 倾角为 45° 的直线 ($VI = 1$) 称为标准价值安全线 (以下简称“标准线”)。从工序的价值效应角度讲, 相对于各自总量而言, 在这条线上的工序标志着成本和收入恰好发挥了对等的价值效应, 即 K 成的成本获得 K 成的收入, 为理想情况。有别于传统的盈亏分析, 风险的判别不简单以项目是否获利为依据, 而在于资金分配是否合理, 在不同的效用范围内价值效应是否基本满足相应均衡要求。原则上, 对于偏离标准线的工序, 其价值效应不均衡都应作为风险工序, 但考虑到风险的不确定性, 在实际项目中允许合理范围的偏差。

根据优选原则的分析, 沿标准线离原点越远的点表示成本越大, 在相等价值偏差情况下, 高成本点的效用量大, 必须严加控制, 即使偏离标准线不多也应作为风险点; 而离原点近的点表明成本低效用量小, 可以适当放宽其控制, 允许相对标准线有较大偏离。若第一象限某点 $M(CI_m, BI_m)$ 到标准线的距离为 l_1 , 垂足为 $N(CI_n, BI_n)$, 2 点间的距离 $l_1 = \sqrt{(CI_m - CI_n)^2 + (BI_m - BI_n)^2}$, 原点到 N 的距离 $l_2 = \sqrt{CI_n^2 + BI_n^2}$, 因为 $CI_n = BI_n$, 于是有

$$\begin{cases} l_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} |CI_m - BI_m| \\ l_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} (CI_m + BI_m) \end{cases}$$

设 $S = l_1 l_2$, 则 $CI_m^2 - BI_m^2 = 2S$, 则 $BI = \sqrt{CI^2 + 2S}$ (标准线上方曲线方程), $BI = \sqrt{CI^2 - 2S}$ (标准线下方曲线方程)。这 2 条渐近线所围成的区域应该是上狭下宽, 在此区域外的点作为风险点, 距离越远越要控制。 S 值给定的大, 则这 2 条渐近线偏离标准线距离也大, 落在安全区域外的点少, 风险对象选的少; 反之, S 值给定的小, 安全区域缩小, 风险对象选的多。实际工作中, 通过改变 S 值, 使曲线范围发生改变。原则是拉网式由大到小逐渐缩小, 根据实际需求选择合适的为止。现金流风险区域划分见图2。

5 工程案例

糯扎渡水电站位于云南省思茅市和澜沧县交界

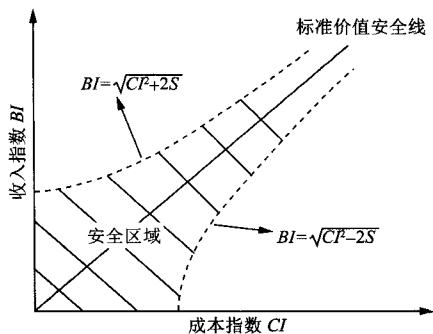


图2 现金流风险区域划分

处的澜沧江下游干流,是澜沧江中下游河段8个梯级规划的第5级。工程等级属一等大(1)型工程,永久性主要水工建筑物为一级建筑物,工程以发电为主兼有防洪、灌溉、养殖和旅游等综合利用效益,水库具有多年调节性能。引水道土建工程某标段施工网络计划见图3。

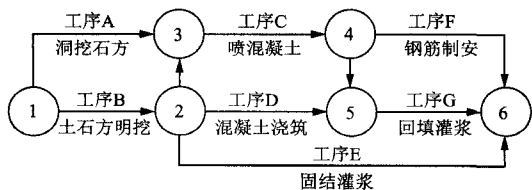


图3 引水道某标段施工网络计划

建设过程中要经历梅雨季节,假定资金的波动服从贝塔分布(Beta Distribution),各工序成本和收入的3种可能值见表1,发生的概率比1:4:1。

表1 各工序成本/收入的3种可能值 万元

工序号	成本 C			收入 B		
	最乐观成本 OC	最大可能成本 HC	最悲观成本 PC	最乐观收入 OB	最大可能收入 HB	最悲观收入 PB
A	11	13	16	31	33	37
B	65	66	68	44	45	46
C	63	65	68	76	78	80
D	86	89	120	120	122	125
E	53	55	58	35	37	40
F	24	26	28	10	11	12
G	35	37	40	46	49	51

以工序A成本为例,利用线性插值计算各整点资金可能出现的概率比为1:2.5:4:3:2:1,则其概率分别为0.074、0.186、0.296、0.222、0.148、0.074。工序A成本整点值的概率比率插值见图4。工序A的概率-随机数-成本间关系见表2。进行1000次随机抽样,结果见表3。

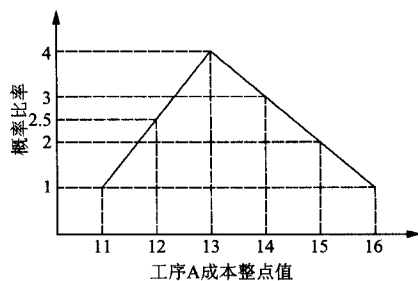


图4 工序A成本整点值的概率比率插值

表2 工序A概率-随机数-成本关系

概率	随机数范围	成本 C/万元
0.074	1 ~ 74	11
0.186	75 ~ 260	12
0.296	261 ~ 556	13
0.222	557 ~ 778	14
0.148	779 ~ 924	15
0.074	925 ~ 1 000	16

表3 工序A成本随机抽样结果

试验次数	随机数	成本 C/万元
1	418	13
2	559	14
3	71	11
⋮	⋮	⋮
999	337	13
1 000	824	15

根据抽样结果,计算工序A 1000次抽样的成本平均值得到其成本期望值为13万元。同理,依次对所有工序的成本和收入做Monte Carlo模拟,获得该项目的现金流,并计算其CI、BI和VI值。计算结果见表4。

表4 现金流模拟结果及各工序成本、收入、价值指数

工序号	成本 C/ 万元	收入 B/ 万元	成本指数 CI	收入指数 BI	价值指数 VI
A	13	34	0.04	0.09	2.44
B	67	45	0.19	0.12	0.63
C	65	78	0.18	0.21	1.12
D	88	123	0.25	0.33	1.30
E	55	37	0.16	0.10	0.63
F	26	11	0.07	0.03	0.39
G	37	48	0.11	0.12	1.10

根据各成本、收入指数计算结果绘制风险区域划分图(见图5)。从图5可知,仅D点处于安全区域外,因此选取工序D作为资金风险对象。虽然工

序A、B、E、F的价值指数与工序D相比偏离标准线($VI=1$)更多,但由于该模型在进行风险区域划分时,现金流各区间的允许偏差范围并不是固定的,考虑到在D点附近成本高效用量大,允许偏离标准线的范围变小,曲线朝标准线靠拢,安全区域收缩,使得D点的价值指数虽没有上述其他点偏差大,但仍然落在了安全区域以外。此外,D点是在 $VI>1$ 区域内,超出安全范围,即表示成本指数远低于收入指数,投入与其过高的回报率不合理。从成本管理角度讲,在遭遇梅雨天气干扰时,项目进行到该处是否有足够的成本维持建设,宜考虑在现金流中,适当加大工序D的成本比重,以确保项目按期完工,提升整体质量的可靠度。

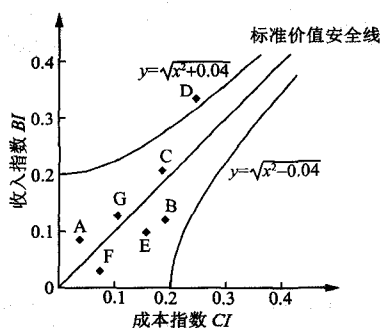


图5 现金流风险区域划分

6 结 语

本文针对项目资金风险管理中现金流风险区间划分问题,探究了引起现金流波动的风险因素及其特征,提出了基于Monte Carlo法的现金流模拟方法与步骤。通过建立效用-价值联立函数,阐明了现金流风险区划分原则,最后定义了工序的成本指数与收入指数,以其建立坐标系,并将45°对角线作为标准价值安全线,确立了以标准价值安全线为对称轴的2条渐近线为边界的风险区划分双曲线模型。

由于该模型中2条渐近线会逐渐向对称轴靠近,即在风险区划分时,风险边界线会向标准价值安全线靠近,从而使安全区的范围逐渐缩小。因此,双曲线的渐变特性同时体现了效用大小和价值均衡的综合效应。本文虽然提出了风险区划分的方法,但没有具体探讨在确定风险区间后如何对资金价值进行优化,有待进一步完善。

参考文献:

- [1] 李云生. 梨园水电站工程建设投资控制和管理[J]. 水力发电, 2015, 41(5): 5-8, 73.
- [2] 王茹, 戴会超, 唐德善. 大中型水电工程建设风险系统分析[J]. 水利水电技术, 2016, 47(9): 134-138.
- [3] 王振强, 钟登华. 大型水利工程项目投资风险分析方法[J]. 水利学报, 2004, 35(7): 92-97.
- [4] 叶静. 工程经济风险管理分析及防范[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(1): 124-128.
- [5] 崔南方, 梁洋洋, 赵雁. 考虑鲁棒性的Max-npv项目调度问题[J]. 系统工程理论与实践, 2016, 36(6): 1462-1471.
- [6] 何正文, 刘人境, 胡信布, 等. 现金流平衡约束下的Max-npv项目调度[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(3): 132-141.
- [7] 李果, 强茂山. 利用S曲线模型分析水利工程现金流[J]. 水力发电学报, 2011, 30(4): 241-245, 252.
- [8] 李果, 强茂山. 水利工程现金流曲线分类[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2010, 50(9): 1374-1377.
- [9] 刘东海, 高兴夫, 潘瑶. 耦合投资-风险目标的水电工程进度模糊综合优化[J]. 天津大学学报, 2008, 41(9): 1109-1115.
- [10] 刘雯宇, 周荣喜, 王淑慧. 基于Svensson模型的随机型现金流估值[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(S1): 61-66.
- [11] 吴新, 李秀峰, 李治平, 等. 三峡工程建设实施阶段项目投资风险分析[J]. 水力发电, 2011, 37(10): 89-92, 107.
- [12] 晋良海, 田斌, 梁川. 施工度汛的分割多目标风险模型及应用[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2010, 42(1): 87-90, 148.
- [13] 徐哲, 李科, 刘荣. 时间和费用不确定的网络计划资源均衡优化[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(10): 193-196, 209.
- [14] 刘东海, 胡安琪, 张伟波. 水电工程投资、工期与电价对资本金内部收益率的影响分析[J]. 水力发电, 2017, 43(3): 94-97.
- [15] 李卉. 基于三角模糊数的水利水电EPC项目投标风险评价模型研究[J]. 水利水电技术, 2016, 47(11): 55-60.
- [16] 仲勇, 陈智高, 周钟. 大型建筑工程项目资源配置模型及策略研究——基于系统动力学的建模和仿真[J]. 中国管理科学, 2016, 24(3): 125-132.
- [17] 晋良海, 梁川. 龙滩电站施工资源无序挤占时最优限制补给研究[J]. 水力发电学报, 2009, 28(5): 205-209, 120.
- [18] XUE Y F. Analysis on investment risk of hydropower project[J]. Applied Mechanics & Materials, 2013, 405-408: 3414-3418.
- [19] CHANG C Y, KO J W. New approach to estimating the standard deviations of lognormal cost variables in the Monte Carlo analysis of construction risks[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2016, 143(1): 1-22.
- [20] 温晓龙, 宋存义, 林海, 等. 基于功能区域方法的项目安全性分析[J]. 北京科技大学学报, 2007, 29(8): 850-854.

(责任编辑 杨 健)

