

实物期权与 NPV 测算法在项目评估应用中的比较分析

郭是一

杭州银行股份有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 现行的传统项目评估方法, 例如净现值法等, 无法规避项目未来不确定因素对项目价值的影响。而实物期权方法与传统方法对比来看, 能够更合理充分地将这些不确定因素考虑在内, 但评估过程更为复杂。文中拟通过项目案例进行比较分析, 并通过实物期权评估法 (BS 模型) 与常用 NPV 评估法进行比较。

[关键词] 项目评估; 实物期权; BS 模型; 净现值; 分析

DOI: 10.33142/mem.v5i6.14473

中图分类号: F8

文献标识码: A

Comparative Analysis of Real Options and NPV Calculation Method in Project Evaluation Application

GUO Shiyi

Bank of Hangzhou Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Current traditional project evaluation methods, such as net present value method, cannot avoid the impact of uncertain factors in the future on project value. Compared with traditional methods, real option methods can more reasonably and fully consider these uncertain factors, but the evaluation process is more complex. The article intends to conduct comparative analysis through project cases and compare the real options evaluation method (BS model) with commonly used NPV evaluation methods.

Keywords: project evaluation; real options; BS model; net present value; analysis

1 项目评估中的 BS 模型公式

刘宁和戴大双 (2016) 提出 PPP 项目的资产价值实际符合带有漂移率特征的维纳过程, 在 PPP 项目实际运营期, 项目能带来的现金流具有不确定性, 并且是符合几何布朗运动的, 当项目的净现金流量的漂移率越大, 项目的价值越高。同时根据 BS 模型 (布莱克-斯科尔斯模型 Black-Scholes Model), 推导出更适合 PPP 项目评估的 BS 模型变体, 具体为假设项目初始价值为 P_0 , 项目的特许经营期为 T , 建设期为 T_0 , 行权价格为 K , 项目收益现金流量现值为 S_0 , 即 BS 模型调整为:

$$P_0 = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \quad (1)$$

将 $P(x)$ 定义为从投资 K 开始到 x 年这段时间内获得的净现金流量的折现值: 当 x 年在项目建设期内, 则净现金流为零 (即项目未完工无现金流); 当 x 年在项目建设期之后, 项目进入运营期, 有正常现金流量。其中 $U(t)$ 为时间 t 的现金流的函数, 具体的公式表达如下:

$$P(x) = \begin{cases} \int_{T_0}^x U(t)e^{-rt} dt, & x \geq T_0 \\ 0, & x < T_0 \end{cases} \quad (2)$$

通过上述假设可以知, 当项目建设期为 T_0 , 项目特许经营其为 T , 且初始现金流为 U_0 时:

$$S_0 = \int_{T_0}^T U_0 e^{\alpha t} e^{-rt} dt \quad (3)$$

按照政府特许经营方式设立的初衷, 特许经营期内项目的净现金流的实物期权的价值应当大于初始的投资, 但不能

过大, 否则会造成社会资本超额收益。根据以上的假设和公式变体, 刘宁和戴大双将 BS 模型最终变体为如下公式:

$$P = U_0 \frac{e^{T_0(\alpha-r)} - e^{T(\alpha-r)}}{r-\alpha} N(d_1) - K_0 e^{-rT} N(d_2) \quad (4)$$

其中:

$$d_1 = \left(\ln \left(\frac{U_0 (e^{T_0(\alpha-r)} - e^{T(\alpha-r)})}{(r-\alpha) K_0 e^{r(T-T_0)}} \right) + T \left(r + \frac{\sigma^2}{2} \right) \right) / (\sigma \sqrt{T}) \quad (5)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T} \quad (6)$$

以上最终变体公式“式 4”中, U_0 为项目运营首年的现金流, T_0 为项目建设期, T 为项目特许经营期, r 为无风险收益率, α 为漂移率, σ 为波动率。

将各变量根据以上假设代入“式 5”和“式 6”中, 可以得出 d_1 、 d_2 , 以及 $N(d_1)$ 和 $N(d_2)$ 的值, $N(\cdot)$ 是指标准的正态分布, 将以上变量代入公式得出 P 值, 当 $P > 0$, 该 PPP 项目具有执行价值。

2 H 市地铁项目基本情况

H 市计划建设 X 号线一期工程线路全长 27.0km。全线共设车站 19 座, H 市政府为降低资金成本, 减少运营期间的财务负担, 拟采用 PPP 模式进行项目建设与运营, 本工程计算期和特许经营期为 30 年, 其中建设期 5 年, 运营期 25 年。涉及到资金筹措方案为: H 地铁 X 号线一期工程项目总投资为 1798442.52 万元, 其中 H 市政府和社会资本负责筹措资本金 719377 万元, 约占总投资的 40%, 其余 60% 利用银行贷款, 当年贷款年利率 6.55%, 按年计息。项目总投资中, 土建设备投资 1489857 万元、车辆购置费 117000 万元。

3 H市地铁项目可行性内容分析

3.1 成本收入等数据与规则

(1) 票价测算：本工程采用计程票价，“保本微利”的原则。保本运价是一个临界值，考虑H市经济发展水平、居民支付能力，保本运价水平，本工程拟采用初、近、远期分别采用0.40、0.45、0.50元/人公里的票价。

(2) 收入估算：本项目财务分析主要以运营票价收入为主，其他收入为辅。

①运营票价收入：运营票价收入=客运票价×客运量。从客流预测结果来看，X号线的客流稳步增长。初、近、远期的客流量分别为31.41万人次/日、43.39万人次/日和62.28万人次/日。X号线的客运强度呈稳步增长的趋势，2021年、2028年、2043年三个年份的客运强度分别达到1.16万人次/km、1.61万人次/km及1.86万人次/km。

②其它业务收入：沿线开发商业、餐饮娱乐业、房地产业以及带动相关的旅游、外贸及土地二级开发的收益以及车站冠名权、车厢、车体等广告收入，同时参考香港地铁其它业务收入占其运营收入的比重为25%，本线其他收入暂按票价收入的20%计算。

③税费估算：本项目涉及的税费有：a. 增值税：营改

增后地铁属于交通运输业，适用11%增值税，可抵扣成本约为70%，税负大约3%；b. 城市维护建设税：按国家规定，以营业税的7%计列；c. 教育费附加：按国家规定，以营业税的3%计列。以上三种税从运营收入中扣除，列在营业税金及附加项目内。d. 所得税：按利润总额弥补以前年度亏损额后的“应纳税所得额”交税，税率为25%。

④成本费用估算：成本分析以北京、上海、广州等地已运营地铁项目的成本数据为参考，结合H市的经济统计数据，预测本工程运营期间的运营成本。成本费用涉及内容较多，规则同样较多，在此不一一列举。

3.2 项目投资净现金流量列示

根据项目可行性研究报告以及其提供的数据和规则，可以计算出项目建设期5年和运营期25年的现金流量表，现金流量表数据对项目的测算，无论是实物期权方式还是NPV方式都有重要的参考依据，具体如下表1：

4 实物期权方法的应用

4.1 基本假设和参数设置

(1) U_0 为项目运营首年的现金流，根据项目营运测算规则可得出项目的税后每年净现金流量表格（见表1），运营期第一年为项目第六年，故该项目 $U_0=9823$ 万元；

表1 H市X号线地铁项目净现金流列示

单位：万元

年份	建设期				
	1	2	3	4	5
所得税后净现金流量	-352445	-514181	-140006	-308985	-294498
累计所得税后净现金流量	-352445	-866626	-1006632	-1315617	-1610115
年份	运营期				
	6	7	8	9	10
所得税后净现金流量	9823	10970	12129	13300	14484
累计所得税后净现金流量	-1600292	-1589322	-1577193	-1563893	-1549409
年份	运营期				
	11	12	13	14	15
所得税后净现金流量	15680	-14311	17631	19344	27864
累计所得税后净现金流量	-1533728	-1548039	-1530408	-1511064	-1483200
年份	运营期				
	16	17	18	19	20
所得税后净现金流量	29271	30684	32103	33529	19412
累计所得税后净现金流量	-1453929	-1423245	-1391142	-1357614	-1338201
年份	运营期				
	21	22	23	24	25
所得税后净现金流量	36400	-36255	38156	40754	-91030
累计所得税后净现金流量	-1301801	-1338057	-1299900	-1259146	-1350176
年份	运营期				
	26	27	28	29	30
所得税后净现金流量	54285	56068	57859	59657	927748
累计所得税后净现金流量	-1295891	-1239822	-1181963	-1122306	-194558

(2) T_0 为项目建设期, 该项目建设期一年, 即 $T_0=5$ 年;

(3) T 为项目特许经营期, 该项目特许经营期 30 年 (含建设期), 即 $T=30$ 年;

(4) K_0 为项目初始投资, 该项目 $K_0=1798442.52$ 万元;

(5) r 为无风险收益率, 为便于计算, 本案例采用无风险利率按照我国 30 年期利率债为 3.75%;

(6) α 为漂移率, 为便于计算, 本案例采用一年平均 CPI 指数, 故 $\alpha=1.9728\%$;

(7) σ 为波动率, 对于地铁项目波动率, 本文选取了三家上市公司的每日收盘价作为计算依据, 分别为台湾上市的台湾高铁 (2633.TW)、香港上市的港铁公司 (0066.HK), 以及 A 股上市的申通地铁 (600834.SH), 其中台湾高铁的收盘价取值时间范围为 2016 年 12 月 12 日至 2017 年 4 月 5 日, 港铁公司和申通地铁收盘价取值时间范围为 2010 年 1 月 4 日至 2017 年 4 月 5 日。通过对后一交易日收盘价与前一交易日收盘价之比的自然对数 $\ln(P_{n-1}/P_n)$, 然后求其标准差, 来计算历史波动率。由此计算出三家公司的历史年化波动率为 29.5984%, 本次计算将此波动率作为波动率。

4.2 数值分析和结果评价

将以上变量中确定的数据代入“式 5”和“式 6”求解可得项目 $d_1=-0.49$, $d_2=-2.11$ 。 $N(\cdot)$ 为标准正态分布, 由此计算出 $N(d_1)=0.31$, $N(d_2)=0.02$ 。最终代入“式 4”得出 $P=30703.54$ 万元 >0 , 结果可知项目实物期权价值大于零, 具有较好的投资性。对于银行来说, 项目具有较高的可行性, 如果对项目发放固定资产贷款或者进行股权投资, 可知项目未来完工且创造效益的可能性较大, 数据显示项目第一还款来源较为充足, 债权或股权保障较高。另外, 当特许经营期 $T=20$ 年时, P 值为 5001.71 万元, 故特许经营期限 30 年过长, 可能会导致该项目中的社会投资方将获得超额收益。

5 NPV 评估法的应用

5.1 基本假设和参数设置

本案例中, NPV 的一般公式如下:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NFC(t)}{(1+K)^t} - I \quad (7)$$

其中 NPV 就是我们所说的净现值 (Net Present Value), $NFC(t)$ 表示第 t 年的现金净流量, K 为折现率, I 表示初始的投资额, n 是项目的预计年限。

(1) K 为折现率, 为了使计算更具参考性, 本案例中 K 对应实物期权方法中的无风险收益率, 为便于计算, 同样采用按照当时我国 30 年期利率债, 即 $K=3.75\%$;

(2) I 表示初始投资额, 本案例中初始投资额为 $I=1798442.52$ 万元;

(3) n 是项目的预计年限, 本案例按照特许经营权的 30 年作为预计年限, 即 $n=30$ 年。

(4) $NFC(t)$ 为第 t 年的现金净流量, 具体为表 1

现金流量表中的数据。

5.2 数值分析和评价结果

将以上变量中确定的数据代入 NPV 计算公式, 经计算得出 $NPV=-906705.20$ 万元, $NPV<0$, 预计未来现金流折现后不及项目初始总投资, 项目可行性较低。另根据测算, 该项目的 IRR (内部收益率 Internal Rate of Return) 为 $-0.5373\%<0<K=3.75\%$, 内部收益率小于零, 项目实际收益率较低。

综上, 通过传统 NPV 方法测算, 该项目未来的现金流不足以覆盖初始投资, 即项目投资后预期收益率达不到既定规划, 项目也许会亏本, 但不是绝对, 该指标表明项目投资性不强。

6 实物期权法与 NPV 法的评估结果比较

通过对 H 市地铁 PPP 项目用实物期权方法和 NPV 方法测算对比可以明显看出, 实物期权计算结论与 NPV 的计算结论完全相反。从实物期权的本质来看, 是考虑了项目内在的波动率和其他不确定方案, 所以实物期权方法更能够计算出项目的潜在价值, 而 NPV 仅能通过既定的现金流和折现率计算出一个固定结果, 无法考虑波动性的影响, 但往往这些隐含的参数对项目的影 响很大。

表 2 实物期权和 NPV 分析法的评估结果 (单位: 万元)

	实物期权分析结果	NPV 分析法结果	结果简述
H 市地铁项目	$P=30703.54$	$NPV=-906705.20$	结果不一致: (1) 实物期权可行 (2) NPV 不可行 $P>NPV$

[参考文献]

- [1] Black F, Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities[J]. Journal of Political Economy, 1973, 3(81): 637-654.
 - [2] Dixit A K, Pindyck R S. Investment under Uncertainty[J]. Econometrica, 1994(49): 659-681.
 - [3] Dixit A K, Pindyck R S. The Options Approach to Capital Investment[J]. Long Range Planning, 1995, 28(9): 129-129.
 - [4] Muche T. A real option-based simulation model to evaluate investments in pump storage plants[J]. Energy Policy, 2009, 37(11): 4851-4862.
 - [5] 李玉兵, 邓学芬. NPV 法基础上的实物期权评价法应用[J]. 商业经济, 2010(9): 35-93.
 - [6] 刘宁, 戴大双. PPP/BOT 项目实物期权决策方法研究[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2016.
 - [7] 张晓阳, 孙燕. 实物期权在海上风电投资决策中的应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2016, 28(10): 98-104.
- 作者简介: 郭是一 (1989.2—), 毕业院校: 浙江财经大学, 所学专业: 工商管理, 当前就职单位: 杭州银行股份有限公司, 职务: 系统开发主管, 职称级别: 中级经济师。