

船价均值回归下延迟期权与船舶投资时机

余思勤¹, 陈金海², 黄顺泉²

(1. 上海海事大学 上海高级国际航运学院, 上海 201306; 2. 上海海事大学 经济管理学院, 上海 201306)

摘要: 建立船舶价值服从均值回归运动下延迟期权模型, 求解投资阈值和期权价值. 2001—2012 年巴拿马型集装箱船在远东—西北欧航线运营数据显示, 集装箱船舶适合在航运业复苏和繁荣期投资. 随着无风险利率水平的提高, 船舶价值、投资临界和项目投资价值都降低, 但可投资的时间延长. 集装箱船舶实际下订单数据表明, 造船投资多发生在航运复苏和繁荣时期, 而且模型计算结果具有半年的超前性.

关键词: 实物期权; 投资时机; 均值回归运动; 库默尔方程
中图分类号: F551, F414 **文献标志码:** A

Ship Investment Timing Based on Option to Defer with Mean Reversion Motion

YU Siqin¹, CHEN Jinhai², HUANG Shunquan²

(1. Shanghai Advanced Institute of International Shipping, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China; 2. School of Economics & Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: A mean reversion version of standard entry-exit model with stochastic ship value was adopted to study ship investment timing, which can be expressed in terms of Kummer function. The cost and revenue data of Panama containership on Far East to North-western Europe lane from 2001 to 2012 was applied for empirical analysis. It shows that recovery and peak stage are suitable for investment. The ship value and investment threshold decrease while risk-free rise, which means the investable time extend. The result coincides with containership orders in the market, which is about a half year ahead of the actual containership investment time.

Key words: real option; investment timing; mean reversion motion; Kummer functions

船舶投资时机关乎航运企业的生存发展. 对于金额大、回收期长、风险高的船舶投资, 传统的现金

折现法、投资回收期法、综合评价法等因难以估算未来现金流和折现率, 不能指导投资时机. 实物期权方法避免了这些困难, 已逐渐应用到船舶投资领域.

早期应用于航运经济分析的实物期权方法主要是离散时间的二叉树模型, 研究转换期权价值. 随着时间跨度延长、波动频率提高, 连续时间模型成为研究重点. 在运价服从几何布朗运动的假设下, 于文豪^[1]建立延迟期权博弈模型, 研究油轮投资的最优阈值和期权价值, 郑士源^[2]研究干散货和原油船舶投资最优准则, 殷明等研究海上集装箱运输协议的期权动态定价. 然而, 如果对实际上服从均值回归运动的价格建立几何布朗运动的模型, 结果将产生重大偏差^[3]. 李耀鼎^[4]建立了干散货运价几何布朗运动和均值回归运动的延迟期权模型, 分析长短期船舶投资的最优规则, Sødal 等^[5]建立了运价服从均值回归过程的转换期权模型, 研究多用途船的投资时机. Pires, Assis 和 Fiho^[6]运用蒙特卡洛法模拟了油轮租金率的自回归过程, 研究油轮投资的放弃期权的价值. 然而这些研究多仅限于理论模型和算例分析, 离实际应用还有一定差距.

本文根据船舶价值“均值回归”的特点, 建立均值回归下的延迟期权模型, 研究船舶投资时机. 对比实证分析结果与实际船舶订单量, 检验模型的有效性. 本研究为班轮公司等投资船舶提供有效的理论和方法, 能够有效降低银行等融资机构的相关业务风险.

1 实物期权模型

假设船舶投资市场是完全市场, 复制船舶资产的未来现金流; 船舶投资市场是弱有效的, 运用无套利原理对实物期权定价. 建立船舶投资延迟期权连续定价模型: 即先建立船舶价值的随机游走模型; 然

收稿日期: 2013-09-16

基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20113121110003)

第一作者: 余思勤(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为交通运输经济与管理. E-mail: ysq@shmtu.edu.cn

通讯作者: 陈金海(1986—), 男, 博士生, 主要研究方向为航运经济与管理. E-mail: jinhaichen2005@163.com

后用复制的方法,根据无套利原理推导出实物期权价值所遵循的随机偏微分方程;再结合价值匹配条件和平滑粘贴条件求解船舶投资临界和船舶价值。

从价值规律、供求关系和市场效率的角度看,实物资产价格具有均值回归的特征,对大宗商品价格的实证研究也证实了这个结论。Brach 等^[7]的航运市场周期循环理论说明运价总体上是向均值回归的;Tvedt^[8]认为运价服从标准几何均值回归运动。Adland 和 Cullinane^[9]认为油轮运价服从均值回归运动。均值回归运动可以由公式(1)随机微分方程来描述。

$$dV = \eta(\bar{V} - V)Vdt + \sigma Vdz \quad (1)$$

式中: dV 为资产价格 V 的微分; η 为一个正的参数,表示序列向均值回归的速度; \bar{V} 为 V 的均值; σ 为 V 的方差的瞬时变动率; dz 为标准维纳过程的增量。假设船舶价值服从均值回归运动,根据伊藤引理得到船舶价值服从均值回归运动的微分方程

$$\eta(\bar{V} - V)VF'(V) + \frac{1}{2}\sigma^2V^2F''(V) - rF = 0 \quad (2)$$

式中: $F(V) = AV^\theta h(V)$ 为方程的通解, A 和 θ 为大于0的常数, $h(V)$ 为 V 的函数; r 为无风险利率。要使式(2)对任意 $V \geq 0$ 成立,则

$$\begin{cases} \frac{1}{2}\sigma^2 h''(V) - \eta h'(V) = 0 \\ \sigma^2 \theta h'(V) - \eta \theta h(V) + \eta \bar{V} h'(V) = 0 \\ \eta \bar{V} \theta + \frac{1}{2}\sigma^2 \theta(\theta - 1) - r = 0 \end{cases} \quad (3)$$

根据式(3)第3个方程可解得 $\theta = \frac{1}{2} - \frac{\eta \bar{V}}{\sigma^2} +$

$$\sqrt{\left(\frac{\eta \bar{V}}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}$$

令 $b = 2\theta + \frac{2\eta \bar{V}}{\sigma^2}$, $x = \frac{2\eta V}{\sigma^2}$, $h(V) = g(x)$,那么 h'

$(V) = \frac{2\eta}{\sigma^2} g'(x)$, $h''(V) = \left(\frac{2\eta}{\sigma^2}\right)^2 g''(x)$,代入式(3)第

1个和第2个方程整理得

$$xg''(x) + (b - x)g'(x) - \theta g(x) = 0 \quad (4)$$

式(4)是 Kummer 方程,其解可以表示为一个合流超几何函数

$$h(x; \theta, b) = 1 + \frac{\theta}{b}x + \frac{\theta(\theta + 1)}{b(b + 1)} \frac{x^2}{2!} + \frac{\theta(\theta + 1)(\theta + 2)}{b(b + 1)(b + 2)} \frac{x^3}{3!} + \dots \quad (5)$$

所以,实物期权价值解的形式可以表示为

$$F(V) = AV^\theta h\left(\frac{2\eta V}{\sigma^2}; \theta, b\right) \quad (6)$$

根据边界条件, A 和船舶投资价值临界 V^* 满足以下方程组:

$$\begin{cases} F(V^*) = A(V^*)^\theta h\left(\frac{2\eta V^*}{\sigma^2}; \theta, b\right) = V^* - I \\ F'(V^*) = 1 \end{cases} \quad (7)$$

虽然无法获得 A , V^* 和 $F(V)$ 的解析解,但是可以用数值方法求解。当 $V > V^*$ 时,投资船舶,项目价值为 $F = V - I$, I 为船舶投资额;当 $V < V^*$ 时,不投资船舶,项目价值为 F 。

2 实证分析

2.1 数据准备

采用远东—西北欧航线上巴拿马型集装箱船数据进行实证分析。2001年巴拿马型集装箱船开始大规模投入远东—西北欧航线,载箱量在4 500~6 000个标准集装箱之间。为获得船舶参数核算成本,以5 250个标准集装箱的“中远鹿特丹”号为例。根据“中远鹿特丹”号的船期推算,当平均航行速度为21.5 kn,挂靠10个港口时,航次时间57.3 d,其中航行时间45.0 d。假设船舶平均干坞天数为21.0 d,每艘船舶每年营运6个航次^[10]。

假设投资人从银行全额贷款造船和购买集装箱,船舶经营期间内每年末等额分期还款,并在最后一期多偿还船舶残值的金额。根据德国船级社,Notteboom 等^[11],Notteboom 和 Carriou^[12],Yao 等^[13]对集装箱船燃油消耗的估算,假设“中远鹿特丹”号以21.5 kn航行时燃油消耗为 $120 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$,其他时间平均燃油消耗为 $2 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

集装箱班轮运费收入 R 等于运价 F 与运量 Q 的乘积,计算公式可以表示为

$$R = nU_s M_G (\lambda_E U_E P_E + \lambda_W U_W P_W) \quad (8)$$

式中: n 为单位时间内航次数; U_s 为营运集装箱船比例; M_G 为船舶载箱能力; λ_E 和 λ_W 分别为东、西行航线的船舶可用运力比例; U_E 和 U_W 分别为东、西行航线的船舶舱位利用率; P_E 和 P_W 分别为东、西行航线的运价。在不同的无风险利率下,每个航次单位舱位成本和运费收入如表1所示。实证分析中采用季度数据。

此外,还有部分费收是班轮公司为第三方代收,或者为了覆盖相应服务成本而征收,不计入海运费当中。因此,在班轮公司成本和收入核算过程中,不考虑这些成本和费收。

表 1 远东—西北欧航线巴拿马型船单航次每标准集装箱的成本与收入

Tab.1 Cost and revenue of Panama containership on North Europe—Far East Lane

美元

年度/ 年	船舶和集装箱成本					运营 成本	燃油 成本	港口 成本	运河 成本	管理 成本	运费 收入
	r=5%	r=6%	r=7%	r=8%	r=9%						
2001	143	162	182	201	221	58	139	82	133	10	1 313
2002	114	132	149	167	184	59	157	84	130	9	1 151
2003	132	150	169	188	206	60	180	90	128	10	1 614
2004	164	188	213	237	261	64	190	94	127	11	1 688
2005	186	214	242	270	298	69	277	96	130	13	1 586
2006	172	198	223	249	274	70	328	99	133	14	1 357
2007	188	215	242	269	296	83	393	106	141	16	1 547
2008	206	235	264	294	323	91	534	115	151	19	1 468
2009	151	177	203	229	254	85	390	113	148	15	1 027
2010	134	163	191	219	246	86	489	112	146	17	1 989
2011	152	182	211	240	268	89	678	118	151	20	1 009
2012	138	163	188	213	237	91	701	116	151	20	1 350

2.2 均值回归方程参数估计

估计均值回归方程参数需要先获得船舶价值时间序列,再对方程进行参数估计.船舶价值等于未来 T 期(30 年)经营净现金流的现值,可以表示为

$$V = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \frac{\bar{P} + P_t}{(1+r)^t} \quad (9)$$

式中: \bar{P} 为各期净现金流的平均值; P_t 当期净现金流.由于 2011 年第 2 季度之后的净现金流变化过大,导致 η 为负,故应舍去之后的数据.计算得到不同无风险利率下的 2001—2011 年第 1 季度的集装箱船舶价值.

如果船舶价值序列不存在单位根,则服从均值回归运动.单位根检验结果显示,在 6% 的显著性水平下可以认为船舶价值服从均值回归运动.采用回归分析方法对均值回归方程进行参数估计^[14],模型离散化为

$$\Delta V = \eta(\bar{V} - V)V\Delta t + \sigma V\Delta z \quad (10)$$

令 $Y_t = \frac{V_t - V_{t-1}}{V_t}$, 则式(10)可以变形为: $Y_t =$

$\eta\bar{V} - \eta V_t + \sigma\varepsilon$, ε 为介于 0 到 1 的随机变量.该二元一次方程可以采用线性回归的方法估计 $\eta\bar{V}$ 和 η , 进而获得 σ .

2.3 投资临界

利用 Matlab 软件编程计算集装箱船舶投资临界.最后求解出不同无风险利率下,2001—2010 年集装箱船舶价值 V、投资临界 V^* 和投资价值 F,如图 1 和 2 所示.

从结果可以看出,2003—2005 年、2007 年下半年和 2010 年的部分时间 $V > V^*$, 可以投资;其他时间 $V < V^*$, 应该等待投资.或有投资权保证了 F 始终大于零.随着无风险利率水平的提高,船舶价值、

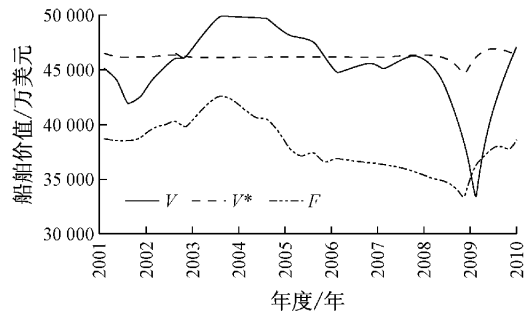


图 1 r=5% 时投资临界和投资价值

Fig.1 Investment threshold and option value, r=5%

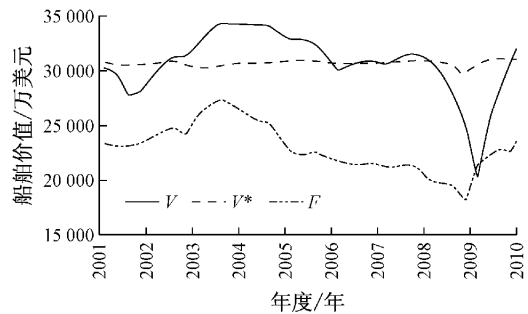


图 2 r=9% 时投资临界和投资价值

Fig.2 Investment threshold and option value, r=9%

投资临界和项目投资价值都在降低,但是船舶价值的降幅大于投资临界.从实证分析来看,船舶投资时机为航运复苏和繁荣时期,此时船舶价值上升幅度远远超过投资临界,造船投资可能在数年内就能收回.在航运业低迷和萧条时期,船舶价值的下跌幅度远远超过投资临界,不适合投资船舶,这与逆周期投资的直觉相悖.

3 模型有效性分析

比较模型计算结果与集装箱船舶实际订单数

据,可以发现船舶订单多产生于航运复苏和繁荣时期,验证了研究结论;同时,实际船舶投资约滞后模型计算结果半年左右,说明模型具有超前预见性.航运公司在做船舶订造的投资决策中应该考虑到交付的滞后期,决策的依据不应该是当期的运价,而是船舶投入运营之后的预期运价.因此实物期权对造船投资的指导效果并不十分理想;如果改为购买二手船舶,那么实际的运营效果可能会更佳.如果把短期预测方法和实物期权结合在一起指导船舶投资决策,效果可能会更好.集装箱船舶下订单和订单总量占当期运力的比例见图3.

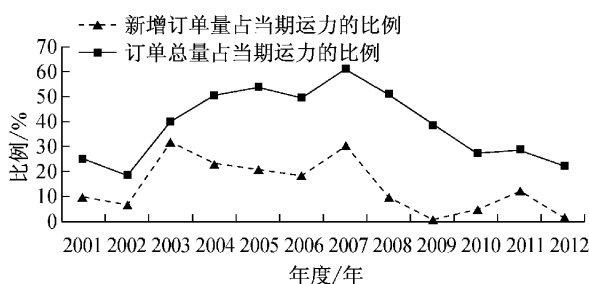


图3 集装箱船舶下订单量和订单总量占当期运力的比例
Fig.3 The proportion of containership orders and orderbook of the total fleet

4 结论

为研究船舶投资时机,建立了船舶价值服从均值回归运动下的延迟期权模型,求解投资临界和期权价值.采用远东—西北欧航线巴拿马型集装箱船经营数据,实证分析集装箱船舶的投资时机为2003—2005年、2007年下半年和2010年的部分时间,均为市场复苏和繁荣期.随着无风险利率的提高,船舶价值、投资临界和项目投资价值都降低,可投资时间延长.对比集装箱船舶实际新订单数据,发现船舶订单多产生于航运复苏和繁荣时期,验证了研究结论;同时,计算结果领先半年,实物期权方法运用于船舶投资中是有效的.造船到交船的时间差降低了投资效果,如果改为购买二手船,或者结合短期预测方法,那么投资效果可能会更佳.进一步研究可以采用更长、更高频的成本和收入数据,考虑船舶经营的多种灵活性和航运公司投资决策的相互影响,建立多变量的复合实物期权博弈模型.

参考文献:

[1] 于文豪.原油运输企业船舶投资决策研究[D].大连:大连海

事大学,2009.

YU Wenhao. Study on the decision-making of vessel investment in crude oil transport enterprise [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2009.

- [2] 郑士源.市场随机波动下干散货和原油船投资决策研究[J].中国造船,2011,52(1): 225.
ZHENG Shiyuan. Study on investment decision about dry bulk and oil ship under stochastically fluctuating shipping markets [J]. Shipbuilding of China, 2011, 52(1): 225.
- [3] Tsekrekos A E. The effect of mean reversion on entry and exit decisions under uncertainty [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010, 34(4): 725.
- [4] 李耀鼎.不确定条件下的船舶投资决策研究[D].上海:上海海事大学,2007.
LI Yaoding. Ship investment under uncertainty [J]. Shanghai: Shanghai Maritime University, 2007.
- [5] Sodal S, Koekebakker S, Aadland R. Market switching in shipping—a real option model applied to the valuation of combination carriers [J]. Review of Financial Economics, 2008, 17(3): 183.
- [6] Pires F C M, Assis L F, Fiho M R. A real options approach to ship investment appraisal [J]. African Journal of Business Management, 2012, 6(25): 7397.
- [7] Brach A, Stopford M. Maritime economics [M]. 3rd ed. New York: Routledge, 2008.
- [8] Tvedt J. Shipping market models and the specification of freight rate processes [J]. Maritime Economics & Logistics, 2003, 5(4): 327.
- [9] Aadland R, Cullinane K. The non-linear dynamics of spot freight rates in tanker markets [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2006, 42(3): 211.
- [10] 陈金海,余思勤,黄顺泉,等.集装箱班轮运输的成本测算与成本管理——以远东—西北欧航线为例[J].航海技术,2014(1): 1.
CHEN Jinhai, YU Siqin, HUANG Shunquan, et al. The calculation of container liner shipping cost on far east to north Europe lane and cost reduction measures [J]. Marine Technology, 2014 (1): 1.
- [11] Notteboom E T, Vernimmen B. The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping [J]. Journal of Transport Geography, 2008(5): 1.
- [12] Notteboom T, Cariou P. Fuel surcharge practices of container shipping lines: is it about cost recovery or revenue-making [C]//Proceedings of the 2009 International Association of Maritime Economists (IAME) Conference. [S. l.]: IAME, 2009: 24-26.
- [13] Yao Z, Ng S H, Lee L H. A study on bunker fuel management for the shipping liner services [J]. Computers & Operations Research, 2012, 39(5): 1160.
- [14] 董烈刚,朱全新.一种均值回复利率模型的求解与参数估计[J].宁波大学学报:理工版,2010,23(4): 76.
DONG Liegang, ZHU Quanxin. A solution for mean-reverting interest rate model and parameter estimation [J]. Journal of Ningbo University: NSEE, 2010, 23(4): 76.