

文章编号: 1000-713X(2022)01-0108-05

中图分类号: U674.134

文献标识码: A

# 散货船运输市场周期性分析与预测

李亚美<sup>1</sup>, 朱玉田<sup>1\*</sup>, 刘义杰<sup>2</sup>, 刘 钊<sup>1</sup>(1. 同济大学 机械与能源工程学院, 上海 201804; 2. 上海交通大学 船舶海洋与建筑工程学院  
海洋工程国家重点实验室, 上海 200240)

**摘 要:** 国际散货船航运市场在国际航运市场中占有举足轻重的地位, 其走势具有周期性, 可以预测船舶航运市场的整体趋势, 进一步对全球经济形势分析预测。通过对克拉克森报告进行分析和调研, 根据调研结果并结合新冠疫情影响确定了散货船航运市场的主要影响因素, 采用相关股票指数和数据对各影响因素量化, 对历史数据建立时滞模型并进行多元回归分析, 进而建立时滞回归模型, 构造了代价函数并采用梯度下降法建立多变量线性回归模型, 得出表征散货船市场情况的波罗的海指数(BDI)与影响其走势的几种主要因素之间的代数关系, 从而用近几年各影响因素的值来预测未来几个月内波罗的海指数的发展趋势, 为船市的进一步布局规划提供参考。

**关键词:** 散货船市场; 克拉克森报告; 时滞回归模型; 预测; 波罗的海指数

## Periodical Analysis and Forecast of Bulk Carrier Transport Market

LI Yamei<sup>1</sup>, ZHU Yutian<sup>1\*</sup>, LIU Yijie<sup>2</sup>, LIU Zhao<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2. State Key Laboratory of Ocean Engineering, School of Naval Architecture, Ocean &amp; Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** The international bulk carrier market occupies a pivotal position in the international shipping market. Its rise and fall are related to the development of the global economy, and its trend is cyclical, which can predict the overall trend of the shipping market, and further analyze and predict the global economic situation. Through the analysis and investigation of Clarkson report, according to the results of the investigation and combined with the influence of COVID-19 epidemic situation, the main influencing factors of bulk carrier shipping market were determined, the relevant stock indexes and data were used to quantify the

收稿日期: 2021-03-18

录用日期: 2021-08-15

作者简介: 李亚美 (1997—), 女, 山西忻州人, 硕士研究生在读; 朱玉田 (1967—), 男, 江苏新沂人, 同济大学机械与能源工程学院教授, 博士, 博导。

\* 通讯作者: yutianzhu@tongji.edu.cn

influencing factors. The time-delay model of historical data was established and multiple regression analysis was carried out, then the time-delay regression model was introduced, the cost function was constructed and the multivariable linear regression model was established by gradient descent method to establish the algebraic relationship between the BDI index, which characterizes the situation of the bulk carrier market, and several main factors that affect its trend. The values of the influencing factors in recent years were used to predict the development trend of the BDI index in the next few months, so as to provide reference for the further layout planning of the shipping market.

**Keywords:** Bulk carrier market; Clarkson report; COVID-19; Time-delay regression model; Forecast; BDI index

## 0 引言

散货船源于 20 世纪初, 运输范围包括无包装的大宗货物、矿石、煤、水泥、化肥、木片、糖等, 在国际航运业中, 因其货运量大, 货源充足, 航线固定, 装卸效率高, 能获得良好的经济效益, 散货船运输占货物运输的 30% 以上, 干散货船是用以装载无包装的大宗货物的船舶, 可简称为散货船。而研究分析散货船市场的周期性波动及其未来的发展趋势有助于航运产业的预测和分析<sup>[1]</sup>, 从而为航运企业的经营决策或对未来的散货运价的判断趋势上提供参考。

按载运的货物不同, 散货船可分为矿砂船、运煤船、散粮船、散装水泥船、运木船等, 专用于运送矿砂、煤炭、谷物、化肥、水泥、钢铁等散装物资, 故其运输货物的相关变化(如股票指数的变化)也会对散货船市场产生影响<sup>[2]</sup>。散货船市场的研究与波罗的海干散货运价指数(BDI)密切相关, BDI 为散货船四种船型的波罗的海运价指数的加权平均值, 可以用于表征国际干散货航运市场的情况<sup>[3-4]</sup>, 也是反映国际干散货运输市场供求关系的权威性指标<sup>[5]</sup>。韩睿<sup>[6-7]</sup>研究了 BDI 指数周期性波动及其影响因素, 曹骞懿<sup>[1]</sup>对干散货航运市场的经济周期进行了预测研究, 张林红<sup>[8]</sup>采用不同模型对干散货航运市场的供需系统及运价进行了对比和预测, 郭永姊<sup>[9]</sup>采用灰度模型对国际干散货航运市场船舶运力进行定性预测。由于散货船运输市场在时间维度上具有滞后性, 且回归分析为较主流的多因素分析模型, 故在目前研究分析的基础上, 充分考虑新冠肺炎对未来一段时间船市的影响<sup>[10-11]</sup>, 结合调研数据分析了散货船运输市场

的主要影响因素, 并对这些因素量化建立时滞回归模型和预测模型, 预测未来几个月内散货船运输市场的 BDI 值, 以分析散货船航运市场的走势。

## 1 散货船运输市场相关影响因素确定

目前公认的影响 BDI 指数波动的因素如表 1 所示<sup>[5]</sup>。

表 1 BDI 指数波动的影响因素

序号	影响因素
1	全球经济状况
2	全球铁矿, 谷物及煤矿运输需求量
3	国际燃油平均油价
4	全球船吨数供给量
5	重要战争
6	大规模自然灾害
7	大规模社会危机如大罢工、社会动乱等

其中, 重要战争、大规模自然灾害和大规模社会危机难以预知且难以用数值表示, 故暂不作考虑。全球船吨数供给量虽在很长一段时期内运力过剩, 但由于 2019~2020 年度的新冠疫情的影响, 散货船的运力发生了较大改变。因此, 选取前四个因素, 即全球经济状况、全球铁矿、谷物及煤矿运输需求量及国际燃油平均油价、全球船吨数供给量作为影响 BDI 指数的主要因素。近三年内 BDI 指数的走势变化如图 1 所示。

由于全球经济的宏观变量如 GDP 增速和 CPI 等, 均以季度, 半年度或年度形式给出, 难以与每个工作日都在变动的 BDI 指数建立对应关系, 而美国作为目前世界最大的经济体, 其经济情况在很大程度上左右了世界经济的态势, 故采用具有采样面广、代表性



图1 近三年内BDI指数走势

强、精确度高、连续性好等特点的美国标准普尔 500 指数作为反应世界经济趋势的变量。

据克拉克森报告可知，铁矿石市场的变动对于干散货市场有着巨大的影响，而普氏能源资讯是全球领先的能源、石化和钢铁信息提供商，提供包括碳排放、煤炭、电力、石油、天然气、钢铁、核能、石化和海运市场的相关信息，故采用其普氏铁矿石指数作为反映全球铁矿，谷物及煤矿运输需求量的变量。

由期货交易所统一制定的原油期货合约能够反应油价的变化，且其中原油期货 (OilFut) 是交易量最大的品种，故采用世界上交易量最大、影响最广泛的原油期货之一——WTI 原油期货作为反应世界油价的标准。

航运市场中招商轮船主要从事干散货运输和原油运输，居于世界领先地位，较具有代表性故其股票可作为反应运力的标准。

从网络公开数据获取上述股票数据分析可知，由于新冠疫情的影响，在 2019 年底至 2020 年 3 月各相关股票均出现了大幅度下跌，船市也相对不景气，进出口贸易减少，全球经济受到影响，BDI 指数出现了断崖式下跌，在疫情逐渐得到控制后，各股票指数和 BDI 指数也逐渐回升。由此可知，上述四种影响因素基本可反应散货船航运市场的变化趋势。

2 BDI 指数的建模及分析预测

BDI 指数是一组时间序列变量，具有时变的特征，且它代表着干散货市场，本身就具有周期性波动的特点，是建立分布滞后模型的前提。

2.1 时滞回归模型的建立

2.1.1 分布滞后模型的建立

对第 1 章中四个散货船运输市场相关影响因素建立如下分布滞后模型：

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^s \beta_i X_{t-i}$$
 (1)

其中： $\beta_0$ ：短期或即期乘数，表示本期  $X$  变化一单位对  $Y$  平均值的影响程度；

$\beta_i (i = 1, 2, \dots, s)$ ：动态乘数或延迟系数，表示  $X$  的各个前期值变动一个单位对  $Y$  的滞后影响， $i$  为滞后长度。

该模型中没有滞后被解释变量  $Y$ ，仅有解释变量  $X$  的当期值及其若干期的滞后值。同过该模型能够建立 BDI 指数与时滞期前的自变量因素的关系。

2.1.2 单个因素变量的确立

对三个自变量分别建立分布滞后模型后，经 matlab 回归实验，从而确定单个滞后期的最佳步长和最佳滞后时间，滞后时间设为 130 天，共设 9 个步长，即  $X_1, X_2, \dots, X_{10}$ 。并分析结果的假设检验  $P$  值，其中  $P$  值反映的是回归中假设检验信伪错误的概率，由假设检验的常用规范得，当  $P < 0.05$  时可认为自变量与因变量相关。在本次分析中，为达到预测的效果，无论  $P$  值达标与否， $X_0, X_1$  均不作为自变量，其余变量则取  $P$  值明显偏小的变量。

普氏铁矿石指数、标准普尔 500 指数及 WTI 原油期货指数三个变量的回归分析  $P$  值如表 2 所示。

表2 四个变量回归分析的 P 值

变量	普氏铁矿石指数	标准普尔 500 指数	WTI 原油期货指数	招商轮船指数
Intercept	1.1E-06	2.8E-08	0.63	0.034
$X_1$	2.0E-11	3.5E-07	0.60	7.9E-22
$X_2$	2.9E-10	2.6E-44	0.1E-3	3.7E-39
$X_3$	0.234	0.005	1.3E-52	6.6E-30
$X_4$	3.4E-05	0.004	4.2E-89	0.003
$X_5$	3.4E-10	2.4E-43	5.5E-17	3.4E-20
$X_6$	8.6E-74	0.164	1.3E-07	1.2E-17
$X_7$	7.0E-11	0.003	4.5E-06	1.3E-15
$X_8$	0.801	0.1E-3	0.382	1.4E-07
$X_9$	1.3E-28	1.8E-05	0.009	1.6E-21
$X_{10}$	0.79	7E-05	0.8E-3	0.094

由表 2 分析各个变量对应的  $P$  值，可知对于普氏铁矿石指数，变量  $X_6, X_7, X_9$  的  $P$  值相对于其它变量的  $P$  值明显较小，故取  $X_6, X_7, X_9$ ；对于标准普尔 500 指数，同理，取  $X_2, X_5, X_{10}$ ，但由于若取  $X_2$  则预测时间段会因一个变量变窄，因此不取  $X_2$ ；对

于 WTI 原油期货指数, 取  $X_3, X_4, X_5$ ; 对于招商轮船指数, 取  $X_2, X_3, X_9$ , 但因若取  $X_2$  则预测时间段会因一个变量变窄, 因此不取  $X_2$ 。

### 2.1.3 多变量线性回归计算

受新冠疫情的影响, 各自变量和因变量均偏离原来规律, 故构造代价函数  $J(\beta)$ , 采用梯度下降法建立多变量线性回归模型, 对 2.1.1 中模型进行修正。

将 2.1.2 中挑选出来的变量重新编号为  $X_1, X_2, \dots, X_{10}$ , 自变量矩阵  $X = [X_1, X_2, \dots, X_{10}]$ , 其中特征矩阵  $X$  共有  $m$  行, 将当期的 BDI 数据作为  $Y$  值, 则代价函数  $J(\beta)$  是所有建模误差的平方和, 即:

$$J(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{10}) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(X^{(i)}) - Y^{(i)})^2 \quad (2)$$

其中:  $i$  表示特征矩阵  $X$  中的第  $i$  行,  $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{10}]^T$ , 则第  $i$  行中有:

$$(h_{\theta}(X^{(i)})) = \beta^T X^{(i)} = \beta_0 + \beta_1 X_1^{(i)} + \beta_2 X_2^{(i)} + \dots + \beta_{10} X_{10}^{(i)} \quad (3)$$

目标转变为求解使得代价函数  $J(\beta)$  最小的一系列参数  $\beta$ 。

为简化算法, 采用 2.1.1 中模型对挑出来的变量进行回归计算, 求得的参数作为梯度下降算法的初始迭代参数  $\beta$ 。首先在矩阵  $X$  前加入一个  $m \times 1$  的列向量  $X_0$ , 则  $X = [X_0, X_1, \dots, X_{10}]$ 。其次对变量  $X$  进行归一化处理, 即  $X_j = \frac{\bar{X}_j - \sigma_j}{\sigma_j}$ , 其中  $\bar{X}_j$  为变量  $X_j$  的均值,  $\sigma_j$  为变量  $X_j$  的标准差。

其次对代价函数中的每个变量  $\beta$  求偏导, 并每次迭代更新  $\beta$  的值, 使代价函数值逐渐减小, 则:

$$\frac{\partial}{\partial \beta_j} J(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(X^{(i)}) - Y^{(i)})^2 \quad (4)$$

$j=0$  时

$$\beta_0 = \beta_0 - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(X^{(i)}) - Y^{(i)}) \quad (5)$$

$j>0$  时

$$\beta_j = \beta_j - \alpha \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m ((h_{\theta}(X^{(i)}) - Y^{(i)}) \cdot X^{(i)}) \quad (j=2, 3, \dots, 10) \quad (6)$$

$\alpha$  是学习率, 经过试验, 设  $\alpha = 0.3$ , 迭代次数为 130 次, 迭代 130 次时代价函数值基本降为最小且趋于平稳, 如图 2 所示:

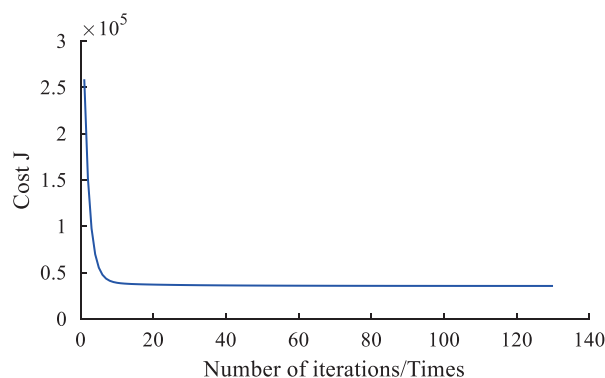


图 2 代价函数值与迭代次数变化趋势

通过梯度下降和相关性条件的检验, 确定 BDI 指数与时滞期前多个自变量线性关系的参数, 如表 3 所示, 表中变量 1-10 是按 2.1.2 中所述顺序挑出的 10 个变量, 由结果可得, 所有变量均满足相关性条件, 即其 P 值均远小于 0.05, 故认为变量选取合适。表 3 中 coefficient 一栏为各变量系数。预测值为

$$Y' = \left[ 1 \quad \frac{X_1 - \bar{X}_1}{\sigma_1} \quad \dots \quad \frac{X_{10} - \bar{X}_{10}}{\sigma_{10}} \right]_{m \times 11} \beta \quad (7)$$

最终回归统计如下:

(1) *Multiple R* = 0.88, 即相关系数为 0.88, 说明自变量  $X$  与  $Y$  强相关;

(2) *R Square* = 0.78, 即复测定系数为 0.78, 表明用自变量可解释因变量变差的 78%, 因变量  $Y$  的拟合效果较好;

(3) *Adjusted R Square* = 0.78, 说明自变量能说明因变量  $Y$  的 78%, 因变量  $Y$  的 22% 要由其他因素来解释。

表 3 三种因素回归分析结果

变量	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value
Intercept	2 117.43	408.16	5.22	2.460E-07
$X_1$	9.03	1.45	11.22	1.332E-26
$X_2$	-9.46	1.49	-6.78	2.913E-11
$X_3$	-1.66	2.07	7.89	1.535E-14
$X_4$	-17.91	1.03	-10.86	3.956E-25
$X_5$	8.06	0.84	15.65	2.360E-46
$X_6$	0.85	0.97	-2.33	0.020
$X_7$	0.05	0.02	-2.92	0.004
$X_8$	0.52	0.12	-3.15	0.002
$X_9$	-256.15	31.49	-5.40	9.871
$X_{10}$	-61.54	10.35	-4.48	8.950E-06





图3 代价函数值与迭代次数变化趋势

## 2.2 拐点预测

取2018年4月到2020年12月的BDI数据进行预测，预测结果如图3所示，蓝线以左为回归所用数据，蓝线以右为预测数据，可见，虽然值的绝对大小有一定偏差，但18年和19年年底的上升趋势、2020年初的上升趋势和拐点得到了准确的体现，尤其是在2019年末到2020年初由于新冠疫情造成BDI指数的断崖式下跌，表征了国际散货船市场延续下行的态势，以及随着疫情得到逐步控制和复工复产力度的不断加大，BDI指数也得以逐渐回升。根据预测结果，可知从2020年12月底开始短期内将出现极大值拐点，预计将出现在2021年1月上旬，并在接下来一个月内在极大值附近震荡，接着持续上升至4月，出现极大值点，此后继续下降，直到5月中旬出现极小值点，然后在此极小值点附近震荡，但2021年整体仍在上升通道中。

## 3 结语

通过对克拉克森报告的调研和分析，结合新冠疫情的影响，确定了影响散货船航运市场的主要影响因素，并结合梯度下降法建立了关于波罗的海指数和影响其走势的几种主要因素的多元线性的时滞回归模型。将近三年的BDI数据代入进行分析预测，并将预测模型和历史数据进行对比，发现模型具有较高的精度和准确性，这为未来干散货船市场分析建立了一种精度较高的预测方式。

通过对未来几个月的拐点进行预测和定性的分析得出：未来短期的几个月内BDI指数虽会有小幅度震荡、但仍在上升通道，即散货船运输市场的发展仍在不断上升。

### 参考文献：

- [1] 曹骞懿. 干散货航运市场的经济周期及预测研究[D]. 北京：对外经济贸易大学，2015.
- [2] 沈薇. 国际干散货船航运联盟若干问题的研究[D]. 上海：上海海事大学，2005.
- [3] 梁鹏. 世界干散货船拆船量的波动与预测研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2011.
- [4] 孔祥婧. 世界干散货船订单量的波动及其预测研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2010.
- [5] 潘文达，潘思延. 国际航运市场波动机理及应对策略[J]. 综合运输，2013(03)：36-41.
- [6] 韩睿. BDI指数周期性波动及其影响因素研究[D]. 上海：华东师范大学，2017.
- [7] Ruan Q, Wang Y, Lu X, et al. Cross-correlations between Baltic Dry Index and crude oil prices[J]. Physica A Statistical Mechanics & Its Applications, 2016, 453: 278-289.
- [8] 张林红. 国际干散货航运市场预测模型研究[D]. 大连：大连海事大学，2002.
- [9] 郭永姊. 国际干散货航运市场船舶运力的预测以及浅析[J]. 中国水运(下半月)，2019，19(08)：56-57.
- [10] 万程鹏，陶嘉乐，伍静，等. 新冠肺炎疫情对中国国际航运网络空间格局影响分析[J]. 交通信息与安全，2020，38(02)：129-135.
- [11] 李源，武嘉璐. 新冠疫情对国际干散货航运企业成本影响及建议[J]. 珠江水运，2020(18)：55-56.

(责任编辑：张国强)