文章编号：1003-1421(2026)01-0187-08
引用格式：许怀月，肖睿，周茵，等. 铁路货运需求长短期运价弹性计算与修正方法研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(1)：187-194.
XU Huaiyue，XIAO Rui，ZHOU Yin，et al. Research on Calculation and Correction Methods for Long-Term and Short-Term Price Elasticity of Railway Freight Demand[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(1)：187-194.

铁路货运需求长短期运价弹性计算与修正方法研究

许怀月[1]，肖　睿[2]，周　茵[3]，武　旭[1]

(1.北京交通大学 交通运输学院，北京　100044；2.中国国家铁路集团有限公司 货运部，北京　100844；3.中国铁道科学研究院集团有限公司 运输及经济研究所，北京　100081)

摘　要：为探讨铁路货运需求长短期价格弹性，考虑运量和运距对运价弹性的影响，构建铁路货运多因素需求函数，建立双对数形式的运价弹性模型，并基于协整检验测算长期运价弹性系数。采用格兰杰因果检验，识别变量间的动态因果关系，通过在VECM中引入对数变量的一阶差分项，构建铁路货运需求短期价格弹性模型。同时，为描述大批量和长运距的铁路规模经济对运价弹性的影响，引入空间异质性与供需强度指标构建运价弹性修正模型，刻画不同运输规模下运价弹性的变化特征。以2022年1月—2024年9月全路煤炭整车货票数据为例，分别测算煤炭的长短期运价弹性及考虑运量与运距的修正弹性，体现方法论层面的适用性，为多品类、长时段数据的扩展研究奠定基础。

关键词：铁路物流；货运需求价格弹性；协整检验；VECM；弹性修正
中图分类号：U2-9　　**文献标识码**：A　　DOI：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250722002

Research on Calculation and Correction Methods for Long-Term and Short-Term Price Elasticity of Railway Freight Demand

XU Huaiyue[1]，XIAO Rui[2]，ZHOU Yin[3]，WU Xu[1]

(1. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China; 2. Freight Transport Department, China State Railway Group Co., Ltd., Beijing 100844, China; 3. Transportation & Economics Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China)

Abstract: To investigate the long-term and short-term price elasticity of railway freight demand, this paper constructed a multifactor demand function for railway freight by considering the impact of freight volume and distance on price elasticity, and it established a double-logarithmic price elasticity model. The long-term price elasticity coefficient was calculated based on cointegration tests. Granger causality tests were employed to identify dynamic causal relationships among variables, and by introducing first-order differences of logarithmic variables in the VECM, a short-term price elasticity model for railway freight demand was developed. Additionally, to describe the impact of economy scale in large-volume and long-distance railway transport on price elasticity, spatial heterogeneity and supply-demand intensity indicators were introduced to construct a price elasticity correction model, further delineating the characteristics of price elasticity variations under different transport scales. Using nationwide railway waybill data for coal wagon transport from

收稿日期：2025-07-22
通信作者：武旭(1978—)，女，山西朔州人，北京交通大学交通运输学院教授。
基金项目：中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题(N2024X033(JB))；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2025JBZX070)

January 2022 to September 2024 as an illustrative case, this paper calculated the long-term and short-term price elasticities of coal freight demand, as well as the adjusted elasticities considering freight volume and distance. The results demonstrate the methodological applicability of the proposed approach and lay a foundation for future extensions to multiple commodity categories and longer time horizons.

Keywords: Railway Logistics; Price Elasticity of Freight Demand; Cointegration Test; VECM; Elasticity Correction

0　引言

随着降低全社会物流成本、运输结构优化和铁路现代物流改革的推进，我国铁路货运量呈现持续增长态势。然而，在产业结构升级及高附加值货物运输需求快速增长背景下，公铁竞争日益加剧。相比之下，公路运输以其运价灵活、响应迅速的特点，能够根据货物属性、时效需求及批量规模实施差异化定价，在满足多元化市场需求方面展现出更强的适应能力。为了提高铁路在货运市场中的竞争力，中国国家铁路集团有限公司(以下简称“国铁集团”)提出对比公路运价的“竞争性一口价”模式。尽管该模式在一定程度上提升了市场灵活性，但其本质上是相对于公路的低价策略，未能系统考虑运输时效价值、货物品类、运量及运距等关键成本要素，导致铁路运价制定在机制上存在结构性缺陷。在此背景下，系统识别铁路货运需求对运价变化的敏感程度，即铁路货运需求价格弹性，成为实现优化铁路运输资源配置与提升市场竞争力的关键路径。

针对铁路货运需求价格弹性的问题，刘莹等[1]提出铁路货运需求价格弹性反映的是铁路货物运输需求对货物运价变动的敏感程度，其不是一成不变的；方晓平[2]强调运输企业需通过细分货物的需求价格弹性与替代品数量来理性实施差别定价策略。在方法层面，Oum[3]选取超越对数成本函数，对铁路与公路的货运需求自弹性与交叉弹性进行计算；徐刚[4]以利润最大化为目标，构建包含铁路货运量、运价及货物市场价值等要素的定价优化模型，对需求价格弹性进行静态估计；高小珣等[5]基于时间序列数据，采用双对数线性回归模型测算铁路货运价格敏感度，突出运价在宏观调控中的作用。在因素分析方面，石英等[6]构建多元线性回归模型，揭示铁路货运量受自身运价及替代运输方式运价的共同影响；文书生等[7]利用向量自回归(VAR)模型刻画铁路货运量与宏观经济变量的动态关系，为宏观背景下的运价弹性计算提供基础支持。综上可见，既有研究在理论视角与方法手段上均已取得一定成果，但多数聚焦于横截面或面板数据分析，或以静态回归方式估算价格弹性，难以捕捉运输需求在不同时间维度上对运价变化的动态响应，更少见运距运量等规模经济因素对运价弹性影响的体现。

为此，本研究以时间维度下的动态弹性建模为研究重点，提出以基于协整关系与向量误差修正模型(VECM)为弹性分析框架，测算长期与短期2个时间维度的运价弹性。同时，选取运量与运距为影响因素，探讨考虑运量和运距影响的价格弹性修正方法。

1　铁路货运需求价格弹性测算及修正方法

与零担货物相比，铁路整车是铁路现在货物运输的主要运输形式，运量大、货物品类统一，适合构建分品类货物价格敏感度模型，因而将铁路整车货物的运价弹性作为研究对象。

1.1　铁路货运多因素需求函数与弹性推导

按照需求法则，铁路货运需求量受运价影响，但除运价外，宏观经济规模、竞争方式运价等都会对运输需求产生影响[8]。因此，首先构建包括多种因素影响的铁路货运需求函数f可表示为

$$Q = f(P,\ A,\ B,\ \cdots) \tag{1}$$

式中：Q为铁路货运需求量，亿t；P为铁路货物运价，元/(t·km)；A，B等为货运需求的其他影响因素。

依据弹性定义，铁路货运需求价格弹性E_P可表示为

$$E_P = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} \tag{2}$$

式中：$\Delta Q/Q$为铁路货运需求量的百分比变动；$\Delta P/P$

为铁路运价的百分比变动。

1.2　变量及指标选取

基于经济学理论及既有研究，考虑影响因素并选择表征指标如下。

（1）铁路货运需求量。铁路货运需求价格弹性是铁路货运需求对铁路货运价格变化的反映。依据经济学原理，需求是在一定的价格和时间内，消费者愿意购买的某种商品或服务的数量[9]，铁路货运需求为潜在变量，难以直接统计。考虑到铁路货运供给基本能满足需求，因此可以考虑以铁路货运量表征铁路货运需求。

（2）铁路运价率。表征铁路货物运输价格的指标有运价和运价率。运价作为运输企业设定的价格标准，根据运输生产特点各有差异，如铁路运价考虑两端作业和途中作业，运价体现为基价1和基价2。而运价率以元/(t·km)为单位，综合体现运输距离与运输总量，更符合建模的需求。因此，选取运价率指标作为核心解释变量，以更准确识别运价变动对运输需求的影响机制。

（3）公路运价率。不同运输方式在货运市场上存在明显的竞争关系，其中，公路运输在部分运输区段和货类结构上与铁路存在一定重叠，其运价的波动会影响铁路货运需求对价格的敏感度变化。因此，将公路运价率纳入模型，捕捉公铁竞争背景下的铁路需求价格弹性。

（4）国内生产总值。宏观经济规模对铁路运输需求具有系统性影响。在既有研究中，常以国内生产总值、工业生产总值、人均固定资产投资等指标反映经济规模的总体状况[10]。其中，国内生产总值GDP作为体现宏观经济整体体量的指标，更能捕捉整体经济变动对铁路货运需求的影响。因此，选择GDP作为宏观经济的代表性变量，控制外生因素对铁路运输需求变动的干扰。

（5）货物自身价格。货物自身价格作为市场供需关系的集中体现，通过影响货主的销售收入进而影响货主对运价的接受能力。因此，将货物自身价格纳入模型，有助于准确刻画铁路货运需求对价格变动的响应。

1.3　铁路货运需求价格弹性双对数模型构建

在经济增长过程中，考虑绝对量的关联关系，往往拟合效果较差。相比之下，采用变量增长率或相对变动关系进行建模更具稳健性。双对数模型通过对数变换，可以将变量间的非线性关系转化为线性关系，同时，其回归系数直接反映变量之间的相对影响关系，即弹性大小[11]。因此，以铁路货运需求价格弹性双对数模型作为静态建模基础，具体可表示为

$$\ln Q = k\ln P_{\text{rail}} + a_1\ln P_{\text{road}} + a_2\ln \text{GDP} + a_3\ln C \quad (3)$$

式中：P_{rail}为铁路运价率，元/(t·km)；P_{road}为公路运价率，元/(t·km)；GDP为国内生产总值，亿元；C为货物自身价格，元/t；k，a_1，a_2，a_3为待估计系数。

式(3)两侧对$\ln P_{\text{rail}}$求导变换得

$$E_P = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} = \frac{\mathrm{d}(Q)/Q}{\mathrm{d}(P_{\text{rail}})/P_{\text{rail}}} = \frac{\mathrm{d}(\ln Q)}{\mathrm{d}(\ln P_{\text{rail}})} = k \quad (4)$$

由于铁路货运需求价格弹性表示为铁路货运需求量与运价的百分比变动关系，故式中k即为铁路货运需求价格弹性系数，反映静态比例关系，通常用于识别长期均衡关系。

考虑到铁路货运需求量与运价率等因素之间的影响存在时滞性，为同时捕捉长期均衡与短期动态影响路径，选用基于协整检验与VECM的时序分析方法，将模型进一步发展为动态模型，对铁路货运需求的长短期运价弹性进行测算。

1.4　铁路货运需求价格长短期弹性测算

1.4.1　稳定性及协整检验

本研究基于时间序列相关性计算长短期弹性，时间序列的平稳性及协整检验是建模的基础。首先对各变量进行增强型迪基-福勒(ADF)检验，从而对经济时间序列进行平稳性判断。为进一步确认变量之间是否存在长期联系，采用约翰森(Johansen)协整检验方法，基于最大特征根与迹统计量判定协整向量的存在性与数量。协整检验中，设定合理的滞后阶数能够有效捕捉变量之间的短期波动，避免短期扰动对长期均衡关系的干扰[12]。本研究综合采用赤池信息量准则(AIC)、贝叶斯信息准则(BIC)对滞后阶数p进行判定。

在此基础上，若协整关系显著存在，则表明铁路运价率、公路运价率、GDP及货物价格与铁路货运需求量之间存在长期稳定的均衡关系，模型具有

较强的解释能力。

1.4.2　基于协整关系的长期运价弹性测算

为刻画长期均衡关系，将协整关系转化为向量形式进行表达，使长期弹性系数具备直接可读性。根据检验结果，t时期的铁路货运需求量与铁路运价率、公路运价率、GDP及货物价格之间协整关系的向量形式可表示为

$$\beta^{\mathrm{T}}Y_t = \ln Q_t + \beta_1 \ln P_{\mathrm{rail},\,t} + \beta_2 \ln P_{\mathrm{road},\,t} + \beta_3 \ln \mathrm{GDP}_t + \beta_4 \ln C_t = \varepsilon_t \tag{5}$$

式中：Y_t为铁路货运需求量与各变量组成的向量，其具体形式为$Y_t = \left[\ln Q_t,\ \ln P_{\mathrm{rail},\,t},\ \ln P_{\mathrm{road},\,t},\ \ln \mathrm{GDP}_t,\ \ln C_t\right]^{\mathrm{T}}$；$t$为用于标识时间维度，表示变量在第$t$期(或第$t$个时间点)的取值；$\beta^{\mathrm{T}}$为协整向量$\beta$的转置，$\beta = \left[1,\ \beta_1,\ \beta_2,\ \beta_3,\ \beta_4\right]^{\mathrm{T}}$，其中，$\beta_1$，$\beta_2$，$\beta_3$，$\beta_4$分别为各变量对铁路货运需求的长期边际影响；$\varepsilon_t$为残差项，表示该长期均衡关系下的偏离程度，具备平稳性。

对$\ln Q_t$进行归一化处理，将协整关系转化为所构建的铁路货运需求价格弹性模型，进而得到t时期静态的铁路货运需求价格长期弹性可表示为

$$k_l = \frac{\mathrm{d}\left(\ln Q_t\right)}{\mathrm{d}\left(\ln P_{rail,\,t}\right)} = -\beta_1 \tag{6}$$

式中：k_l为铁路货运需求长期价格弹性。

1.4.3　基于VECM的短期运价弹性测算

协整关系主要反映变量间在长期趋势下的相互制约，尚不足以揭示变量在短期内的动态作用路径。同时，在运输市场受价格波动与供需调整影响的背景下，识别变量间的动态因果关系对构建具有解释力的短期运价弹性模型至关重要。为此，在测算短期运价弹性前，采用格兰杰因果检验，以验证各变量之间是否存在显著的动态因果关系。

结合所建立的变量序列，用于判断铁路货运需求量与其余各变量间是否存在格兰杰因果关系的模型可表示为

$$\ln Q_t = \sum_{i=1}^{p}\alpha_1^{(i)} \ln Q_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_2^{(i)} \ln P_{\mathrm{rail},\,t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_3^{(i)} \ln \mathrm{GDP}_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_4^{(i)} \ln P_{\mathrm{road},\,t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_5^{(i)} \ln C_{t-i} + \varepsilon_t \tag{7}$$

式中：i为滞后阶数的索引变量，$t-i$则表示当前时刻t之前的第i期；$\alpha^{(i)}$为各变量的滞后期对当期货运需求量的边际影响值。

具体地，如验证货物价格是否为货运需求量的格兰杰原因，原假设为货物价格不是货运需求量的格兰杰原因，即

$$H_0:\ \alpha_5^{(i)} = 0 \qquad \forall i \tag{8}$$

备择假设为货物价格是货运需求量的格兰杰原因，即

$$H_1:\ \alpha_5^{(i)} \neq 0 \qquad \exists i \tag{9}$$

本研究使用F检验判断检验结果。若拒绝原假设，即货物价格是货运需求量的格兰杰原因，说明货物价格有助于解释铁路货运需求量变化，其滞后差分项应当被纳入短期弹性模型。按照该方法，可以完成其他的因素与货运需求量的格兰杰因果检验。

在协整关系及格兰杰因果关系存在的前提下，进一步通过在VECM模型中引入对数变量的一阶差分项构建短期弹性模型。结合模型，以铁路货运需求量为因变量的VECM结构可表示为

$$\Delta \ln Q_t = \omega ECM^{t-1} + \sum_{i=1}^{p}\gamma_1^{(i)}\Delta \ln Q_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\gamma_2^{(i)}\Delta \ln P_{\mathrm{rail},\,t-i} + \sum_{i=1}^{p}\gamma_3^{(i)}\Delta \ln P_{\mathrm{road},\,t-i} + \sum_{i=1}^{p}\gamma_4^{(i)}\Delta \ln \mathrm{GDP}_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\gamma_5^{(i)}\Delta \ln C_{t-i} + \mu + \varepsilon_t \tag{10}$$

式中：ECM^{t-1}为由协整向量组成的误差修正项，其由式(7)中协整方程的滞后一阶残差决定，即$ECM^{t-1} = \varepsilon_{t-1}$；$\gamma^{(i)}$为滞后$i$期对应变量变动对当期铁路货运需求量变动的影响值；$\mu$为常数项。

根据泰勒展开，当变量在相邻时点变动幅度较小时，其对数差分项可近似表示变量的相对增长率，如铁路货运需求量的差分项可表示为

$$\Delta \ln Q_t = \ln Q_t - \ln Q_{t-1} \approx \Delta Q_t / Q_{t-1} \tag{11}$$

式中：$\Delta \ln Q_t$为货运需求量的增长率。

则在所得的VECM结构中，各差分项前的系数实际刻画了各影响变量增长率对货运需求量增长率的边际影响。在经济含义上，短期弹性可近似估计为各变量与铁路货运需求量的增长率百分比变动关系[13]。因此，可将VECM结构中对应的短期运价弹性表示为

$$k_s^{(i)} = \frac{\mathrm{d}\left(\Delta \ln Q_t\right)}{\mathrm{d}\left(\Delta \ln P_{\mathrm{rail},\,t-i}\right)} = \gamma_2^{(i)} \tag{12}$$

式中：$k_s^{(i)}$为i时期内的铁路货运需求短期价格弹性。

1.5　考虑运量与运距的铁路货运需求价格弹性修正模型构建

受铁路大规模、长距离运输的规模经济及运输组织模式影响，运量与运距通过空间结构与供需关系的多维度复杂作用，对运价弹性产生显著影响[14-15]。传统时间序列方法难以纳入运量与运距等非时间维度变量，也无法识别其交互作用对弹性机制的影响。基于此，以运距作为空间异质性代理变量，运量作为供需强度表征，运价弹性作为价格敏感度指标，构建多元回归修正模型。

（1）数据区段划分。受运输生产实际限制，同品类货物在不同运距和运量组合下并非全覆盖，难以形成完整的连续序列，影响弹性测算与模型拟合。为此，根据运量与运距的分布特征，采用区段划分方法，将原始数据转化为可操作的数据结构，以弥补序列缺失带来的估计偏差。

（2）运价弹性修正模型。本研究考虑的基准弹性是指在不考虑运距与运量差异性影响的前提下，基于特定研究时段与样本，通过时间序列模型测算得到的总体平均弹性。该基准弹性根据实际研究需求，选择上文计算的任意时段弹性结果作为参考基准。在此基础上，本研究构建的铁路货运需求价格修正弹性函数可表示为

$$k_T^{\text{adj}} = k_T + \Delta k_T \tag{13}$$

$$\Delta k_T = \mu_0 + \mu_1 \ln Q_T + \mu_2 \ln S_T + \mu_3 \ln\left(Q_T \times S_T\right) + \varepsilon_T \tag{14}$$

式中：k_T^{adj}为修正后的铁路货运需求价格弹性；T为某一特定的研究时段；k_T为基准弹性；Δk_T为运量、运距及其交互项对运价弹性系数的修正值；S_T为运输距离，km；μ_0为常数项；μ_1，μ_2，μ_3分别为运量、运距、运量与运距交互项对运价弹性的修正系数。

1.6　研究方法流程

在前述对铁路货运需求价格弹性分析体系进行理论阐述的基础上，本研究的长短期弹性测算与修正方法流程如图1所示，具体涵盖建模前提检验、长短期弹性测算与弹性修正3大阶段。

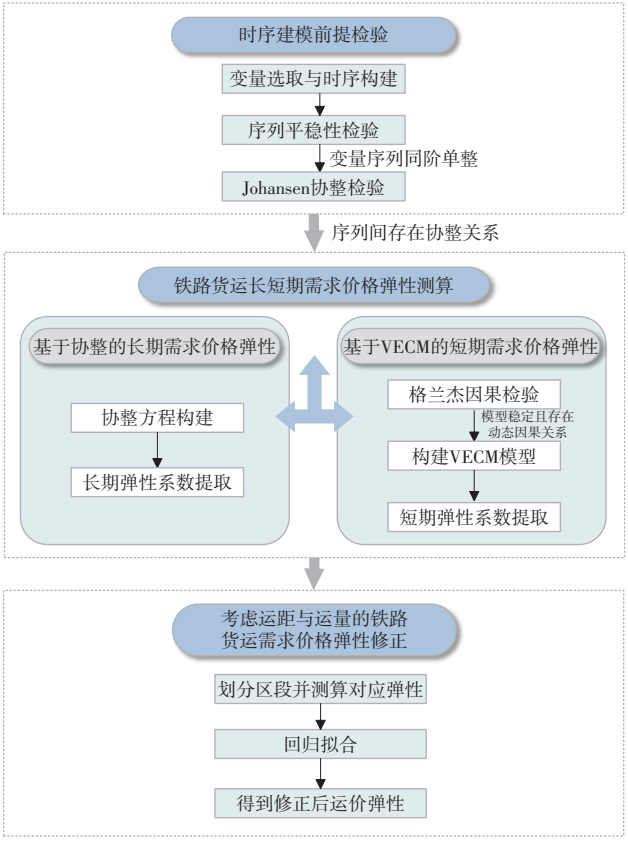

图1　长短期弹性测算与修正方法流程

Fig.1　Calculation and correction process of long-term and short-term elasticity

2　实例分析

为验证铁路货运需求价格弹性测算方法的实际适用性，以大宗货物煤炭为例，计算长短期弹性及考虑运量与运距的修正弹性。因煤炭的铁路货运需求数据无法直接统计，故选取铁路煤炭货运量(亿t)作为其表征指标，铁路煤炭运价率(元/(t·km))、公路运价率(元/(t·km))、GDP(亿元)、煤炭价格(元/t)为解释变量，以2022年1月—2024年9月全路煤炭整车货票数据，构建时间序列进行计算分析。

2.1　煤炭货运量及相关因素的建模前提

对数化处理后，对煤炭货运量及影响因素的原序列及一阶差分序列进行ADF单位根检验。ADF检验结果如表1所示。从表1中可以看出，序列的一阶差分在显著性为5%的水平下均拒绝原假设，不存在单位根。变量序列均为一阶单整序列，满足进行后续检验的条件。

依据AIC等信息准则，选取最优滞后阶数为2。基于煤炭数据，采用Johansen协整检验方法判断变量间存在协整关系。协整检验结果如表2所示。从检验结果来看，铁路煤炭运量与运价率、公路运价

表1　ADF检验结果
Tab.1　ADF test results

变量	检验形式	10%	5%	1%	T统计量	P值	是否平稳
$\ln Q$	(c, t)	−3.243 079	−3.612 199	−4.394 309	−2.198 609	0.315 2	不平稳
$\ln P_{rail}$	(c, t)	−1.610 579	−1.951 687	−2.639 210	1.470 259	0.962 0	不平稳
$\ln P_{road}$	(c, t)	−3.212 361	−3.557 759	−4.273 277	−2.188 419	0.479 6	不平稳
lnGDP	(c, t)	−2.622 989	−2.967 767	−3.679 322	−1.223 236	0.650 5	不平稳
$\ln C$	(c, t)	−3.215 267	−3.562 882	−4.284 580	−2.574 912	0.293 3	不平稳
$d(\ln Q)$	(c)	−3.221 728	−3.574 244	−4.309 824	−4.899 279	0.002 5	平稳
$d(\ln P_{rail})$	(c)	−3.215 267	−3.562 882	−4.284 580	−4.288 121	0.009 9	平稳
$d(\ln P_{road})$	(c)	−3.215 267	−3.562 882	−4.284 580	−5.387 680	0.000 7	平稳
d(lnGDP)	(c)	−2.622 989	−2.967 767	−3.679 322	−5.816 483	0.000 0	平稳
$d(\ln C)$	(c)	−3.215 267	−3.562 882	−4.284 580	−4.227 043	0.011 4	平稳

注：原序列由于属经济时序，存在长期趋势，采用“趋势项+截距项(c, t)”形式以避免遗漏趋势信息；一阶差分序列已消除长期趋势，仅需“截距项(c)”形式控制均值，同时避免过度拟合。

表2　协整检验结果
Tab.2　Cointegration test results

零假设	特征值	迹统计量	5%临界值	P值
无协整关系	0.633 577	74.992 80	69.818 89	0.018 2
最多1个协整关系	0.565 339	44.873 76	47.856 13	0.092 8
最多2个协整关系	0.323 817	19.878 06	29.797 07	0.431 1
最多3个协整关系	0.234 547	8.139 324	15.494 71	0.450 6
最多4个协整关系	0.004 016	0.120 710	3.841 465	0.728 3

率、GDP及煤炭价格存在1个协整关系，说明变量间在时间维度上存在稳定的协同变动机制，验证了模型设定的结构合理性。

2.2　煤炭运输的长期需求价格弹性测算

基于上述模型系数回归，得出该时段基于需求价格弹性模型的煤炭运输协整关系为

$$\ln Q_t = -0.424\,455\ln P_{\text{rail},\,t} + 0.363\,339\ln P_{\text{road},\,t} + 1.160\,029\ln \text{GDP}_t - 0.432\,118\ln C_t \tag{15}$$

依据上文推导，求得煤炭运输的需求价格长期弹性为

$$k_l = \frac{\mathrm{d}\left(\ln Q_t\right)}{\mathrm{d}\left(\ln P_{\text{rail},\,t}\right)} = -0.42 \tag{16}$$

结合式(15)与式(16)得，铁路煤炭的长期需求价格弹性为−0.42，即铁路运价率每上升1%，会引起货运量下降0.42%，从供需基本原理角度，铁路货运量与运价率呈反向变动关系，弹性为负值，符合实际。同时弹性绝对值为0.42小于1，属于缺乏弹性，与煤炭运输生产实际吻合。

2.3　煤炭运输的短期需求价格弹性测算

采用变量序列进行格兰杰因果检验，识别最优滞后阶数下各变量与铁路货运量之间的动态因果关系。考虑到算例样本量较小，检验显著性水平的稳定性和统计功效会受到影响，将检验结果主要作为方法适用性的验证与探索性结果。格兰杰因果检验结果如表3所示。

在5%的显著性水平下，铁路运价率、公路运价率、GDP及煤炭价格均为铁路货运量的格兰杰原因，在短期内对货运量具有因果驱动性。鉴于样本量较小，为避免影响结果的统计效力，本研究在不同滞后阶数时进一步检验，从而增强检验的稳健性。不同滞后阶数下的格兰杰因果关系稳健性检验结果如表4所示。由表4可知，在不同滞后阶数下，各变量均为铁路货运量的格兰杰原因，格兰杰因果检验结果具有一定的稳健性。

表3　格兰杰因果检验结果
Tab.3　Granger causality test results

原假设	样本数	F统计量	P值	结论
铁路运价率不是货运量的格兰杰原因	30	5.883 81	0.003 9	拒绝原假设
公路运价率不是货运量的格兰杰原因	30	3.554 09	0.037 3	拒绝原假设
GDP不是货运量的格兰杰原因	30	3.396 48	0.046 9	拒绝原假设
煤炭价格不是货运量的格兰杰原因	30	4.247 63	0.015 8	拒绝原假设

表4　稳健性检验结果
Tab.4　Robustness test results

原假设	滞后阶数	P值	结论
铁路运价率不是货运量的格兰杰原因	p=1	0.046 5	拒绝原假设
公路运价率不是货运量的格兰杰原因	p=1	0.042 1	拒绝原假设
GDP不是货运量的格兰杰原因	p=1	0.000 2	拒绝原假设
煤炭价格不是货运量的格兰杰原因	p=1	0.042 5	拒绝原假设
铁路运价率不是货运量的格兰杰原因	p=3	0.014 3	拒绝原假设
公路运价率不是货运量的格兰杰原因	p=3	0.039 7	拒绝原假设
GDP不是货运量的格兰杰原因	p=3	0.041 8	拒绝原假设
煤炭价格不是货运量的格兰杰原因	p=3	0.022 5	拒绝原假设

为识别运价弹性的短期调整机制，进一步分析以铁路货运量为因变量的VECM结构为

$$\Delta\ln Q = -0.067\,807ECM^{t-1} - 0.868\,284\cdot\Delta\ln Q_{t-1} + 0.256\,010\cdot\Delta\ln Q_{t-2} - 0.244\,883\cdot\Delta\ln P_{\text{rail},\,t-1} - 0.116\,479\cdot\Delta\ln P_{\text{rail},\,t-2} + 0.178\,098\cdot\Delta\ln P_{\text{road},\,t-1} - 0.179\,379\cdot\Delta\ln P_{\text{road},\,t-2} + 0.809\,567\cdot\Delta\ln \text{GDP}_{t-1} + 0.152\,261\cdot\Delta\ln \text{GDP}_{t-2} + 0.170\,030\cdot\Delta\ln C_{t-1} - 0.426\,652\cdot\Delta\ln C_{t-2} + 0.014\,551 \tag{17}$$

进一步变换得短期运价弹性为

$$k_s^{(1)} = \frac{\mathrm{d}\left(\Delta\ln Q_t\right)}{\mathrm{d}\left(\Delta\ln P_{\text{rail},\,t-1}\right)} = -0.244\,883 \tag{18}$$

结合式(18)可知，基于2024年8月运价变化对9月铁路煤炭货运量造成的短期弹性效应为−0.24。即由于运输市场信息传导的滞后，8月的铁路煤炭运价率增长1%，将导致9月货运量减少0.24%。

对比长期与短期弹性可见，煤炭运输的长期运价弹性大于短期弹性。这一差异主要源于市场调整机制的时滞特征。在短期内，铁路货运市场的供需结构相对刚性，固定成本占比高，价格变动对需求的传导受限；而对于长期来说，随着运力配置优化及运输成本结构改善，需求对价格的响应逐步增强，弹性水平随之提高。

2.4　考虑运量与运距的煤炭运输需求价格弹性修正

采用基于运距的区段划分方法，以运距为基础进行数据处理。在此基础上，提取各运距区间内的年度货运量与平均运距作为观测指标，进而开展运距与运量对运价弹性修正影响的实证分析。通过数据收集与分析，货票数据区段划分如表5所示。

对变量进行对数标准化处理，基于协整关系得到各区段的运价弹性系数。进一步利用最小二乘法，采用全样本测算的长期基准弹性$k_T=-0.42$，可以估计得到考虑运量与运距的铁路煤炭需求价格修正弹性为

$$k_T^{\text{adj}} = 0.092\,099\ln Q_T - 0.118\,941\ln S_T - 0.076\,956\ln\left(Q_T\times S_T\right) + 0.671\,564 \tag{19}$$

表5　货票数据区段划分
Tab.5　Segmentation of waybill data section

运距区段划分/km	区段平均运距/km	年度货运量/亿t
0~500	225.17	6.12
500~1 000	740.90	8.08
1 000~1 500	1 194.29	3.20
1 500~2 000	1 674.89	0.60
2 000~2 500	2 237.81	0.22
2 500~3 000	2 705.64	0.09
3 000以上	3 208.75	0.04

据回归结果可知，从运距维度来看，随着运输距离的增加，铁路煤炭运价弹性的绝对值逐步增大。具体而言，对于0~500 km的运距区段，铁路煤炭运输需求价格弹性被修正为−0.31左右，低于基准弹性，体现出该区段煤炭运输显著的需求刚性；而在500~1 000 km的运距区段内，运价占比增加，运价弹性提升为−0.59，相较于基准弹性显著上调；对于具备水运等替代条件的1 000 km以上区段，铁路运价弹性被修正至−0.67，甚至存在个别区段运价弹性达−1.11，呈现富有弹性特征。

从运量维度分析，随着运输批量的增加，运价弹性值呈现减小趋势。在年度运量达0.36亿t以下的运量范围，运输需求相对零散，呈现高度敏感的价格响应特征，运价弹性达−0.87；在年度运量相对较大的3.5亿t以上范围，价格弹性为−0.38，弹性低于基准弹性，运输需求对运价波动反映有限。对煤炭运输需求价格弹性的计算，与铁路运输生产市场反映较一致。

3　结论

（1）运用基于协整关系检验与VECM的分析方法，动态识别经济变量对铁路货运需求的影响机制，对铁路货运的长短期需求价格弹性进行测算。通过对比不同时间维度下运价弹性差异，铁路运输企业能够精准把握市场需求的动态变化，从而优化定价策略。在短期内侧重价格引导与资源调度，长期则强化结构性供需响应与中长期规划决策。

（2）构建基于运量与运距的弹性修正模型并开

展区段回归分析，揭示在不同运输规模下运价弹性的结构性差异[16]。对于对铁路运输具有较强依赖性的货物，企业适宜推行优质高价策略[17-18]；若货物运输存在多种替代运输方式，企业则可采用更为灵活的价格机制，增强市场响应速度与货源吸引力。

（3）采用算例验证方法的适用性，在实际应用中，可根据具体货类特征、区域市场条件与时效要求，对模型变量与参数进行适配性调整，从而增强弹性测算结果的针对性和实践指导价值。未来研究可在货物品类和时间上进一步推广完善，并结合Bootstrap等小样本稳健性方法对估计结果进行再检验，以提高模型推断的有效性与稳健性。

参考文献：

[1] 刘　莹，李亚斌，张瑞珏，等. 需求弹性理论在市场营销中的应用探析[J]. 经济师，2017(7)：18-19，22.

[2] 方晓平. 关联货物运输市场需求、供给与均衡的研究与应用[D]. 长沙：中南大学，2004.

[3] OUM T H. A Cross Sectional Study of Freight Transport Demand and Rail-Truck Competition in Canada[J]. The Bell Journal of Economics，1979，10(2)：463.

[4] 徐　刚. 铁路货物运输市场价格优化模型研究[J]. 中国铁道科学，2003，24(1)：129-131.
XU Gang. Study on Price Model of Railway Freight Transport Market[J]. China Railway Science，2003，24(1)：129-131.

[5] 高小珣，郭晓黎，左　琼，等. 铁路货运量价格敏感度研究：以市场供需因素为基础[J]. 西南交通大学学报(社会科学版)，2015，16(1)：112-119.
GAO Xiaoxun，GUO Xiaoli，ZUO Qiong，et al. Research on the Price Elasticity of Railway Freight Volume Based on Market Supply and Demand Factors[J]. Journal of Southwest Jiaotong University (Social Sciences)，2015，16(1)：112-119.

[6] 石　英，陈治亚，方晓平. 铁路货物运输的运价弹性分析[J]. 科技信息(学术研究)，2006(8)：1-3.

[7] 文书生，叶怀珍. 基于VAR模型的中国铁路货运需求实证分析[J]. 重庆大学学报(自然科学版)，2007，30(10)：152-158.
WEN Shusheng，YE Huaizhen. Empirical Analysis of the Demand of Rail Freight Transport in China on Basis of VAR Model[J]. Journal of Chongqing University (Natural Science Edition)，2007，30(10)：152-158.

[8] 赵晗硕. 公铁竞争下铁路货运价格弹性研究[D]. 北京：北京交通大学，2024.

[9] 高鸿业. 西方经济学：第7版[M]. 北京：中国人民大学出版社，2018.

[10] 潘振兴，韩　峰，王　博，等. 新疆铁路网与区域经济发展的耦合协调度评价[J]. 铁道运输与经济，2019，41(12)：45-52.
PAN Zhenxing，HAN Feng，WANG Bo，et al. Evaluation of Coupling Coordinative Degree between Xinjiang Railway Network and Regional Economic Development[J]. Railway Transport and Economy，2019，41(12)：45-52.

[11] 张　宁，章　胜. 基于双对数模型的城市居民用水需求弹性分析[J]. 工业技术经济，2010，29(3)：50-53.

[12] 张成思. 金融计量学：时间序列分析视角：第3版[M]. 北京：中国人民大学出版社，2020.

[13] BAEK J W. The Effects of the Internet and Mobile Services on Urban Household Expenditures：The Case of South Korea[J]. Telecommunications Policy，2016，40(1)：22-38.

[14] 张珊珊. 铁路货物运输价格弹性研究[D]. 成都：西南交通大学，2020.

[15] 李轶平，吴金明，陈治亚. 影响铁路运价的派生弹性与时、空、速度弹性分析[J]. 长沙铁道学院学报，2001(2)：86-91，103.
LI Yiping，WU Jinming，CHEN Zhiya. Analysis of Derivative Elasticity and Time-Space-Speed Elasticity Influencing on Railway Transport Price[J]. Journal of Changsha Railway University，2001(2)：86-91，103.

[16] 闫晟煜，白书铭，查文超，等. 公路货物运价研究进展[J]. 铁道运输与经济，2024，46(12)：122-136.
YAN Shengyu，BAI Shuming，ZHA Wenchao，et al. Research Progress on Highway Freight Rate[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(12)：122-136.

[17] 张嘉桀，邹毅峰，罗湖桥，等. 铁路货运价格跟踪评价及监测体系研究[J]. 铁道货运，2024，42(4)：60-66.
ZHANG Jiajie，ZOU Yifeng，LUO Huqiao，et al. Research on Tracking Evaluation and Monitoring System of Railway Freight Fare[J]. Railway Freight Transport，2024，42(4)：60-66.

[18] 张双霞，李丹丹，凌　霞. 基于公路货运市场监测的铁路运价调整机制研究[J]. 铁道货运，2022，40(5)：6-13.
ZHANG Shuangxia，LI Dandan，LING Xia. Railway Freight Rate Adjustment Mechanism Based on Roadway Freight Market Monitoring[J]. Railway Freight Transport，2022，40(5)：6-13.

(责任编辑　李丹丹)