

引用格式:李林泰,崔巍.铁矿石价格波动的因果推断:影响因素与效应分析[J].技术经济,2024,43(8):36-45.

LI Lintai, CUI Wei. Causal inference of iron ore price fluctuations: Analysis of influencing factors and effects[J]. Journal of Technology Economics, 2024, 43(8): 36-45.

铁矿石价格波动的因果推断:影响因素与效应分析

李林泰, 崔巍

(中国地质大学(北京)经济管理学院,北京 10083)

摘要:中国钢铁工业对进口铁矿石需求巨大且不掌握进口铁矿石的定价权,铁矿石供应存在较高风险。由于影响进口铁矿石价格因素众多且相互关联,目前关于进口铁矿石现货价格波动成因尚缺少权威性的研究成果。在现有进口铁矿石价格研究基础上,选取铁矿石供需、运输成本、定价模式、金融、经济发展等因素作为铁矿石价格影响因素,确定了各因素的相关代表性指标。通过构建 Lasso 回归模型,明确了进口铁矿石现货价格主要影响因素及这些因素之间的复杂交互关系,并通过方差分解方法识别各个影响因素的影响程度。结果显示,铁矿石普氏价格指数、海运指数、美元指数、国内铁矿石产量是影响进口铁矿石现货价格的主要因素,其中铁矿石普氏价格指数是最为关键的影响因素。基于模型结果,从加强铁矿石市场监管、优化铁矿石运输成本等角度提出了相应的政策建议。

关键词:因果推断;铁矿石价格;Lasso 回归

中图分类号:F064 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2024)08-0036-10

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J24051802

一、引言

钢铁工业是中国国民经济的重要基础产业,是建设现代化强国的重要支撑。由于中国钢铁工业当前及未来很长一段时间仍将以长流程(高炉+转炉)生产工艺为主,铁矿石特别是进口铁矿石仍将是中国钢铁生产的主要原材料。中华人民共和国海关总署统计数据显示,近年来,中国铁矿石资源需求量基本稳定在13亿吨~14亿吨水平(折算为铁品位62%的铁矿石)。但由于中国铁矿石资源禀赋较差,供应不足,铁矿石对外依存度长期保持在80%左右。2016—2022年,中国铁矿石进口量连续7年保持在10亿吨以上,占“世界铁矿石海运贸易量”(通常以此代表“世界铁矿石贸易量”)的比重保持在65%~72%。同时,由于中国钢铁企业并不掌握进口铁矿石的定价权,进口铁矿石供应的安全性受到严重影响。此外,以进口铁矿石为代表的原燃料采购成本占中国钢铁工业生铁制造成本的90%以上,因此,进口铁矿石价格的大幅波动,特别是长期居高不下,将会对中国钢铁工业的稳定运行和健康发展造成极其不利的影响,并会传导至下游机械制造、房地产等产业,进而对国家经济发展产生一定的负面影响。

目前,已有不少学者从不同视角分析了铁矿石价格的影响因素,如铁矿石供需关系、运输成本、货币汇率等。但这些研究都是以单个或有限个因素为视角,未从系统化视角来选取铁矿石价格影响因素,更少见应用因果分析等方法来甄别各个影响因素对铁矿石价格的影响程度,从而导致当前研究对于铁矿石价格波动与价格影响因素之间的作用机制仍存在各种分歧。

收稿日期:2024-05-18

作者简介:李林泰,中国地质大学(北京)经济管理学院硕士研究生,研究方向:因果推断,数据科学与商务智能;崔巍,管理学博士,中国地质大学(北京)经济管理学院讲师,研究方向:因果推断,数据科学与商务智能。

二、文献梳理与理论机制

(一) 文献梳理

当前中国铁矿石价格研究主要集中在三个方面：一是进口铁矿石价格对下游产业的影响；二是铁矿石现货价格与多种商品期货价格的联动关系；三是铁矿石价格预测研究。本文将从铁矿石行业研究、铁矿石价格波动影响因素、大宗商品价格定量研究方法三个方面对相关研究文献进行梳理。

1. 铁矿石行业研究

铁矿石行业研究涉及铁矿石行业资源状况、铁矿石贸易中的企业行为、铁矿石与下游行业关系。关于铁矿石行业资源状况研究,国内外学者主要从铁矿石国际贸易现状和供需现状两个方面进行研究,以往文献重点分析不同国家间铁矿石进出口情况以及对外依存度。铁矿石贸易中的企业行为研究,多数学者集中于铁矿石定价权谈判研究以及铁矿石市场垄断研究。也有部分学者研究视角聚焦于铁矿石企业的垄断与博弈行为。在铁矿石与下游行业关系研究方面,杨留星和王珏^[1]分析了经济发展、产业进程与铁矿石供应及消费之间的关系。陈文利^[2]以钢铁企业利润为切入点,分析整个钢铁产业链的利润情况。

2. 铁矿石价格波动影响因素研究

铁矿石价格波动的影响因素可以归纳为供需因素、铁矿石供应成本因素、金融因素、定价模式因素、钢铁下游需求因素等。在铁矿石供应方面涉及的指标有国内铁矿石产量、铁矿石进口量。由于中国炼铁生产所消耗的大部分铁矿石都来自于进口,通常将铁矿石进口量、国内铁矿石产量作为铁矿石供应因素的主要指标、次要指标。从需求角度看,中国的铁矿石主要用来生产生铁,因此胡建兰和张舒^[3]将生铁产量、粗钢产量作为铁矿石的需求指标。

进口铁矿石供应成本可以分为铁矿石直接开采成本、进口铁矿石海运成本。由于国外四大矿山企业铁矿石直接开采成本相对稳定且较低,为此多数学者更多聚焦于进口铁矿石海运成本对于进口铁矿石到岸价格的影响研究。隋聪等^[4]对两条海上货物运输航线中的铁矿石等多种大宗期货商品进行格兰杰因果检验,结果发现铁矿石等大宗期货商品市场对运输航线运输成本起到正向促进作用。王杰和程思^[5]通过 VAR 模型探究了波罗的海干散货指数(BDI)与铁矿石价格波动的关系,根据结果显示铁矿石价格与 BDI 海运存在正相关关系,且影响效果显著。

金融影响因素对铁矿石价格影响的研究主要涉及汇率与美元指数。王应贵和李自敏^[6]针对铁矿石主要进出口国的汇率与铁矿石价格进行分析。蒋昱珩和余星^[7]为探究铁矿石进口价格与美元与澳元、美元与巴西雷亚尔汇率之间的关系,采用协整检验、格兰杰因果关系检验、脉冲响应与方差分解法进行实证分析。结果表明美元兑巴西雷亚尔汇率、美元兑日元汇率将影响国际铁矿石价格的波动。此外,铁矿石作为金融期货品种,其现货价格与期货价格之间存在互动关系,李莉^[8]从时间周期维度对铁矿石期现货价格进行分析,明确了铁矿石现货价格与其期货价格存在联动效应。刘晓雪等^[9]通过改变是否存在境外投资者这个变量,对比海外铁矿石投资前后中国铁矿石期货价格变化情况,发现境外投资者与中国铁矿石期货价格存在相关性。

铁矿石定价模式的研究主要以指数定价研究为主,即海外四大矿山企业与中国钢铁企业及铁矿石贸易企业在各种铁矿石价格指数(主要是铁矿石普氏价格指数)基础上确定双方的铁矿石交易价格。胡振华等^[10]主要考虑规则因素、贸易因素、信息因素、风险因素、市场因素 5 个因素,建立铁矿石国际定价权测度指标体系。通过对国际铁矿石定价权与中国铁矿石进口量进行格兰杰因果检验,揭示出国际铁矿石定价模式改变是导致进口铁矿石价格波动的主要原因。

经济发展影响因素的研究主要涉及中国国内生产总值(GDP)增速、房地产开发等经济指标。徐斌^[11]将房地产投资额增速、基建投资额增速、M2 同比增速、采购经理指数(PMI)、城市化率、工业化率、工业生产者出厂价格指数(PPI)作为衡量钢铁下游行业需求变化的指标,发现铁矿石价格与中国 GDP 增长存在相互关联,且 GDP 增长与铁矿石价格存在正向作用。在关于其他类别大宗商品价格与经济发展因素的相关性研究中,张思萌^[12]指出经济不确定性指数能够反映出原油需求和供给趋势,会对原油价格波动产生相应影响。

3. 大宗商品价格定量研究方法

在大宗商品价格波动影响因素的定量研究方法方面,国内外学者主要通过因果分析与实证分析来判断大宗商品价格影响因素之间的关联性,但未能有效识别主要因素。Jena 等^[13]采用分位数 VAR 溢出方法,研究了在全球三大主要商品交易所交易的六种主要石油期货之间的相互关系,发现石油期货之间关联度很高。Reboredo 和 Ugolini^[14]使用结构向量自回归(SVAR)模型来研究绿色债券与期货市场之间的价格关联性,发现绿色债券市场与能源期货市场的关联性较弱。He 等^[15]使用 TVP-FAVAR 模型从经济政策不确定性视角对中国石油进出口现状进行分析,发现中国石油进口受经济政策的影响很大。陈向阳和何海靖^[16]用分段 Granger 因果关系检验分析碳交易价格变化对高碳排放行业(含钢铁)的影响,发现不同时期的市场风险存在差异。与其他大宗商品价格研究相比,关于铁矿石价格影响因素与进口铁矿石现货价格之间的因果关系研究并不深入,对于影响铁矿石价格波动的关键性因素仍然存在不同观点与看法。产生这一现象的主要原因是受制于铁矿石价格影响因素的选取,即没有系统性地对铁矿石价格影响因素进行梳理与分析,只根据单个因素来对铁矿石价格波动情况进行分析,没有考虑多个影响因素对于铁矿石价格的系统性影响。同时缺乏对各个影响因素之间的关联性的研究,从而无法有效识别铁矿石价格的主要影响因素。

在关于某一个被解释变量的各种影响因素之间的关联性研究方面,一部分学者使用机器学习对变量之间的关系进行分析。例如,江乾坤和王成^[17]运用 Stacking 集成学习方法对互联网企业财务指标进行分析,从众多指标中筛选出权重较高的指标。胡剑波等^[18]基于 ARIMA-BP 神经网络模型预测碳达峰目标下国家生态文明试验区的碳强度变化,运用非径向方向距离函数对碳减排效果相关影响指标进行分析。部分学者使用 Lasso 回归对相关影响因素的指标数据进行降维处理,例如,邢凯等^[19]利用 Lasso 回归筛选出影响公司财务状况的重点指标,进而有效提升了公司财务危机预测模型的准确度。王鹏等^[20]使用 LassoVAR 和 EGARCH 模型对风场功率的关键因素进行识别, Li 等^[21]使用多种模型方法判断七国集团经济政策对石油市场波动的影响,发现 Lasso 方法能够对石油价格重要影响因素进行有效识别。Cheng 等^[22]比较了预测组合方法与基于机器学习的收缩技术在预测油价波动方面的有效性,结果显示弹性网络和 Lasso 回归具有优异的预测精度。

(二) 理论机制与假设

同花顺数据库发布的人民币计价的铁矿石现货价格指数(CSI,62%进口粉矿),反映了中国主要港口进口铁矿石的现货交易价格。据此,以铁矿石现货价格指数(CSI,62%进口粉矿)来代表进口铁矿石现货价格,并作为模型中的被解释变量。本文重点对 2012—2022 年人民币计价的进口铁矿石现货价格的影响因素进行系统分析。

通常情况下,铁矿石供应与需求是影响铁矿石价格的基本因素。从需求角度看,当生铁产量增加时,对铁矿石需求也会相应增加,此时如果铁矿石供应不足,进而会推动铁矿石现货价格上涨;反之亦然。从供应角度看,中国铁矿石供给包括两部分:一是国内铁矿石企业的铁矿石产量,但国内铁矿石产量仅能支撑国内 20%左右的生铁产量;二是从国外进口的铁矿石数量。从铁矿石进口国来看,澳大利亚、巴西是中国进口铁矿石的主要来源国家,2022 年来自这两个国家的铁矿石进口量占中国铁矿石进口总量的 86%,已形成供应来源国的高度垄断。据此将中国生铁产量作为铁矿石需求量的代表性指标,将中国铁矿石产量、中国铁矿石进口量作为铁矿石供应的代表性指标。

基于此,本文提出假设 1:

铁矿石供需因素对铁矿石价格波动有显著影响(H1)。

从金融角度来看,美元指数及 M2 均反映出经济市场活力与货币购买力对于铁矿石现货价格的影响。金融市场中的货币政策调整与汇率波动,会通过股票市场与期货市场影响铁矿石现货价格。从货币政策角度分析,M2 的变化反映了货币政策的宽松或紧缩。当 M2 同比保持较高增长时,通常意味着市场上的货币供应量增加,可能会刺激经济活动和投资需求,从而带动钢铁需求量的增长。在这种情况下,铁矿石需求可能会增加,进而推高铁矿石现货价格。从汇率波动角度看,当美元兑人民币汇率下降,即人民币贬值时,在美元计价的铁矿石价格保持稳定的情况下,会推高人民币计价的铁矿石价格。据此将 M2 同比增速、美元指

数作为金融因素的代表性指标。

基于此,本文提出假设 2:

金融因素对铁矿石价格波动有显著影响(H2)。

由于中国从澳大利亚、巴西进口的铁矿石只能依赖于海运才能到达中国港口,通常情况下铁矿石海运成本是影响进口铁矿石到岸价格的重要因素之一。铁矿石海运成本受到运输距离、燃油价格、船舶供应、铁矿石需求量的影响。较长的运输距离会增加海运成本,进而提高铁矿石进口国的到岸价格。燃油价格波动亦对海运成本有直接影响,如燃油价格上涨,海运成本可能会增加,导致进口铁矿石到岸价格上涨;反之,如果燃油价格下降,海运成本有可能会减少,进而降低进口铁矿石的到岸价格。当船舶供应不足时,海运成本存在上涨的可能性,从而增加进口铁矿石的运输成本;相反,当船舶供应过剩时,海运成本有可能下降,进而减少铁矿石的运输成本。铁矿石需求量变化也会影响海运成本,如果铁矿石需求量大幅增加,但供应紧张,则铁矿石进口商更愿意支付更高的海运费用以确保铁矿石及时到港交付,从而推高海运成本和铁矿石到岸价格。

波罗的海干散货指数(BDI)是散装原物料的运费指数,包含了航运业的干散货交易量的转变,考虑了运输距离、燃油价格、船舶供应、大宗商品需求等因素。铁矿石作为世界贸易中的主要干散货物,是海上运输的主要货物之一。因此,波罗的海干散货指数对铁矿石运输成本有着直接影响。当波罗的海干散货指数上升时,表示干散货运输市场需求旺盛或供给紧张,海运费增加,铁矿石的运输成本也随之上升。反之,当波罗的海干散货指数下降时,表示运输市场需求下降或供给过剩,海运费下降,铁矿石的运输成本也随之下降。据此将波罗的海干散货指数作为进口铁矿石海运成本因素的代表性指标。

基于此,本文提出假设 3:

海运成本因素对铁矿石价格波动有显著影响(H3)。

目前进口铁矿石定价模式主要采用普氏价格指数定价方式。以中国青岛港进口铁矿石为例,铁矿石现货价格及相关仓储成本数据经过普氏能源资讯公司采集、处理和标准化,成为了铁矿石普氏价格指数的主要参考依据。铁矿石普氏价格指数的缺陷较为突出,如所选取的样本数量相对较少,获取过程中存在信息传递失真的可能性。同时普氏能源资讯公司、海外四大矿山企业的主要股东都是国际上各大投行与财团,这反映出国际金融资本对于矿产资源的间接控制,表明国际金融资本与生产资本的紧密结合,使得国外四大矿山牢牢掌控铁矿石定价权。据此,将铁矿石普氏价格指数作为现有铁矿石定价模式的代表性指标。

基于此,本文提出假设 4:

指数定价因素对铁矿石价格波动有显著影响(H4)。

当钢铁下游的工业加工业的钢材采购成本出现上涨时,加工业生产者物价指数(PPI)往往会随之上涨,这是因为当铁矿石等原燃材料价格上涨时,钢铁企业有向钢铁下游加工业传导成本压力的动力,即进口铁矿石价格上涨可能会在一定程度上推动钢铁下游加工业的 PPI 指数上涨。例如,铁矿石供应不足或供应中断迫使钢铁企业将不得不支付更高的价格来获取所需的原材料,从而会导致钢铁下游工业加工业 PPI 上升。此外,钢铁下游加工业 PPI 也反映了整体经济环境和工业部门的运行状况。当加工业 PPI 持续上升时,通常表明经济扩张,工业生产活跃,钢铁消费量将会有所增长,从而对铁矿石的需求量亦会有所增长。反之,当加工业 PPI 下降时,可能表明经济放缓,工业生产活动减少,对铁矿石的需求会有所下降。据此将钢铁下游加工业生产者物价指数作为经济发展因素的代表性指标。

基于此,本文提出假设 5:

钢铁行业下游市场对铁矿石价格波动有显著影响(H5)。

三、指标选取与数据处理

(一) 指标选取

基于上述分析假设,本文将铁矿石需求因素、铁矿石供给因素、铁矿石海运成本因素、铁矿石定价模式因素、金融因素、经济发展因素作为进口铁矿石现货价格的影响因素,构建如表 1 所示的指标体系。

表 1 铁矿石价格波动影响因素

变量类型	影响因素	具体指标	数据来源	数据形式
被解释变量		铁矿石现货价格指数(CSI)62%进口粉矿	同花顺金融	日
解释变量	需求因素	中国生铁产量	国家统计局	月
		中国铁矿石产量	国家统计局	月
	供给因素	中国铁矿石进口量	海关总署	月
	海运因素	BDI 指数	波罗的海海运交易所	日
	定价模式因素	普氏价格指数	Platts	日
	金融因素	M2 同比增速	中国人民银行	月
		美元指数	美联储	月
经济发展因素	加工业生产者物价指数	同花顺金融	月	

(二) 数据预处理

铁矿石(62%进口粉矿)现货价格指数对数形式(lnp)、中国铁矿石产量对数形式(lnst)、中国生铁产量对数形式(lnst)、铁矿石进口量对数形式(lnim)、波罗的海海运指数对数形式(lnbdi)、普氏价格指数对数形式(lnpp)、美元指数对数形式(lndi)、M2 同比对数形式(lnm2)、加工业生产者物价指数(PPI)等变量的描述性统计见表 2。

表 2 描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
lnp	101	4.437	0.369	3.686	5.347
lnit	101	9.053	0.227	8.589	9.485
lnst	101	8.787	0.113	8.536	8.993
lnim	101	9.094	0.093	8.824	9.329
lnbdi	101	7.079	0.553	5.727	8.481
lnpp	101	4.464	0.38	3.695	5.369
lndi	101	4.739	0.04	4.642	4.847
lnm2	101	2.306	0.171	2.079	2.639
PPI	101	1.136	4.174	-5.4	10.8

本文对上述各变量间是否存在共线性进行检测。如表 3 所示,铁矿石(62%进口粉矿)现货价格指数、中国铁矿石产量、中国生铁产量、铁矿石进口量、波罗的海海运指数、铁矿石普氏价格指数、美元指数、M2 同比、加工业工业品出厂价格指数进行方差扩大因子(VIF)测试。结果显示,所有变量的方差扩大因子值均小于 10,且平均值为 2.019,即这 8 个变量之间不存在明显共线性。

表 3 方差扩大因子(VIF)

变量	VIF	1/VIF	变量	VIF	1/VIF
lnpp	5.66	0.176533	lnit	2.68	0.372545
lnst	4.70	0.212945	lndi	1.84	0.543939
lnm2	3.89	0.257190	lnim	1.73	0.578111
PPI	3.78	0.264511	VIF 平均值	3.38	
lnbdi	2.78	0.359587			

四、实证分析

构建 Lasso 回归模型。依据该模型对进口铁矿石现货价格影响因素进行降维筛选。在此基础上,对 Lasso 回归模型所筛选出的主要变量使用方差分解方法进行因果分析,进一步明确这些因素对进口铁矿石现货价格波动的影响程度,据此确定进口铁矿石现货价格的最主要影响因素。

(一) Lasso 回归

Lasso(least absolute shrinkage and selection operator)回归方法通过在传统的最小二乘法损失函数中引入 L1 正则化项,不仅能够处理多重共线性问题,还能有效地进行变量选择和降维,从而提高模型的预测准确性、解释性。

$$\min_{\beta_0, \beta} \left\{ \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^8 \beta_j x_{ij})^2 + \lambda \sum_{j=1}^8 |\beta_j| \right\} \quad (1)$$

其中: y_i 为第 i 个观测值的响应变量; β_0 为截距项; λ 为惩罚项系数,用于控制正则化强度的一个参数,它直接影响模型的复杂度和防止过拟合的能力; $\lambda \sum_{j=1}^8 |\beta_j|$ 为 L1 正则化系数,是各个参数的绝对值之和。

进口铁矿石现货价格的波动受到多重因素的共同作用,鉴于这些影响因素的复杂性和多样性,传统的回归分析方法可能会面临模型过拟合的风险,难以精确地识别出影响价格波动的最关键因素。Lasso 回归模

型,通过引入 L1 正则化项,能够有效地将部分回归系数压缩至 0,从而实现对重要变量的自动筛选。这一特性使得 Lasso 回归模型在处理具有高维特征和多重共线性的数据集时展现出显著的优势。

本文将进口铁矿石现货价格波动的影响因素所涉及的 8 个变量带入 Lasso 回归模型,通过 Lasso 回归模型的正则化机制,自动识别出对进口铁矿石现货价格波动具有显著影响的关键变量。并采用五折交叉验证的严格检验后,进一步筛选出的铁矿石价格主要影响指标为中国铁矿石产量、波罗的海干散货指数(BDI)、普氏铁矿石价格指数、美元指数。

图 1 呈现了 8 个变量的系数路径图,其中每条曲线对应一个变量,反映了其系数随惩罚系数变化的趋势。图 1 的下横坐标为惩罚系数的自然对数,上横坐标则表示模型中非零系数的数目。分析结果显示,随着惩罚系数的增加,所有 8 个变量的系数均显示出向零收敛的趋势,这表明 Lasso 回归模型在变量选择上具有一致性和稳定性。图 1 中的直线和虚线分别标识了最小化偏差(λ_{min})和最小化标准误差(λ_{lse})所对应的惩罚系数值。基于模型的解释力和预测力的考量,本文选择了在这两个参数值下均被推荐的 4 个变量,旨在模型中保留尽可能多的有效信息,同时确保模型的简洁性和解释性。

图 2 提供了 8 个变量在 Lasso 回归模型中的交叉验证结果,图 2 的下横坐标表示惩罚系数的对数,上横坐标显示模型中非零系数的数量,而纵坐标则对应模型的均方根误差(RMSE)。图 2 中的实线代表最小化误差,虚线代表最小化标准误差。通过交叉验证分析,模型在不同的惩罚系数下的表现被评估,以确定最优的参数配置。交叉验证的结果表明,存在两个显著的参数配置,它们在降低均方根误差方面表现突出。这两个配置均推荐了保留 4 个变量。为了优化模型的拟合效果并确保均方根误差处于较低水平,本文选择了在交叉验证中表现最佳的 4 个变量。

经过五折交叉检验的 Lasso 回归模型筛选出国内铁矿石产量、波罗的海干散货指数、铁矿石普氏价格指数、美元指数四个变量。如表 4 所示,国内铁矿石产量、波罗的海干散货指数、铁矿石普氏价格指数与铁矿石现货价格呈现出正相关关系,美元指数与铁矿石价格呈现出负相关关系,铁矿石普氏价格指数的系数值为 0.362112,且在 1%的条件下显著。

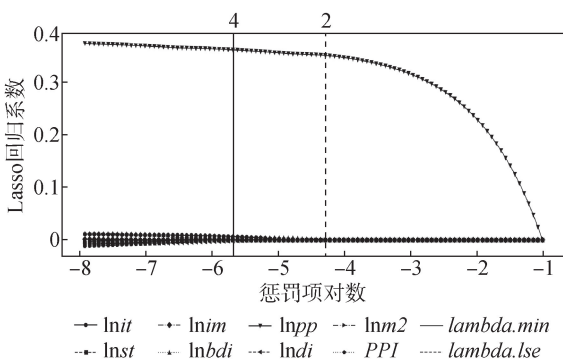


图 1 Lasso 回归系数路径图

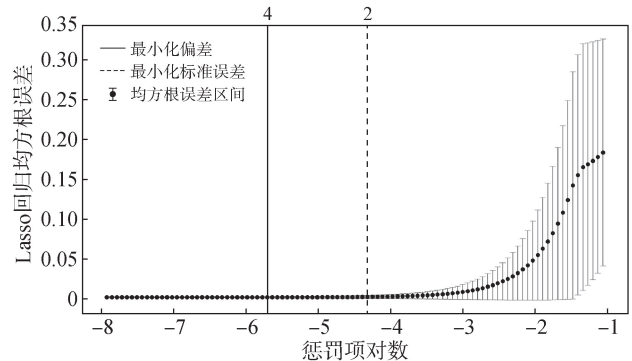


图 2 Lasso 回归均方误差

表 4 Lasso 回归系数

变量	系数	标准差	t	P
lnit	0.006796	0.004585	1.482001	0.141757
lnst	-0.000000	0.006454	-0.000000	1.000000
lnim	0.000000	0.003851	0.000000	1.000000
lnbdl	0.005510	0.005342	1.031449	0.305048
lnpp	0.362112***	0.006480	55.881872	0.000000
lndi	-0.002032	0.004149	-0.489755	0.625473
ln m2	0.000000	0.005656	0.000000	1.000000
PPI	-0.000000	0.005687	-0.000000	1.000000

注:***表示在 1%的水平上显著。

(二) 方差分解

采用方差分解方法对铁矿价格进行方差分解,确定了 Lasso 模型所筛选出国内铁矿石产量、波罗的海干

散货指数、铁矿石普氏价格指数、美元指数作 4 个影响因素对铁矿石现货价格波动的贡献程度(表 5)。

国内铁矿石产量、波罗的海干散货指数、铁矿石普氏价格指数、美元指数 4 个变量对铁矿石现货价格波动方差贡献值存在较大差异。其中,铁矿石普氏价格指数为主要影响因素,方差贡献值为 0.999385。说明铁矿石普氏价格指数与进口铁矿石现货交易价格密不可分,进而反映出铁矿石普氏价格指数定价模式对于铁矿石现货价格有着其他因素所无法比拟的影响力。注:***表示在 1%的水平上显著。

国内铁矿石产量的方差贡献值为 0.000352,海运指数的方差贡献为 0.000231,美元指数的方差贡献值为 0.000031,表明这三个因素虽然对铁矿石现货价格有所影响,但影响程度明显弱于铁矿石普氏价格指数。

(三) 实证结论

1. 供需动态

模型结果显示中国铁矿石产量和进口铁矿石现货价格呈正相关关系,即进口铁矿石现货价格上涨,会带动国内铁矿石产量增长。由于中国国产铁矿石采出矿含铁品位仅为 27%左右,澳大利亚、巴西等国采出矿含铁品位多在 62%左右,且中国铁矿石产量仅能满足本国 20%左右的生铁产量,即中国铁矿石的产量规模和品位都无法与进口铁矿石竞争,导致国产铁矿石对进口铁矿石的替代效应并不显著。国内铁矿石产量和进口铁矿石价格呈正相关关系,主要源于高品位的优质进口铁矿石能够为国内钢铁企业带来更高的生产效率,因此国内钢铁企业为了维持高效生产和对下游用户的稳定供应,更倾向于大规模使用优质进口铁矿石。在此背景下,国产铁矿石更多是对进口铁矿石的补充,而且国产铁矿石铁品位较低,需要进一步精选,即钢铁企业需要将含铁品位 27%的国产原矿加工成为含铁品位 62%的人造富矿,导致国产铁精矿粉的直接生产成本明显高于铁品位相同的进口铁矿石的直接生产成本,因而国内铁矿石生产企业更多是在铁矿石现货价格保持高位时,才有着较强的增产动力。

国内生铁产量反映出钢铁工业对铁矿石的直接需求量。常态情况下,生铁产量增加意味着对铁矿石需求的增加,即钢铁企业需要进口更多铁矿石以满足生产需求。反之,生铁产量减少时,对铁矿石的需求下降,进口量也会相应减少。但铁矿石进口量、中国生铁产量在 Lasso 回归模型中的系数值为零,说明在 2012—2022 年,铁矿石进口量、国内生铁产量虽然是铁矿石供应与需求的重要参考指标,但与进口铁矿石现货价格的关联度并不显著,即铁矿石供需因素不是影响 2012—2022 年铁矿石现货价格波动的主要因素。

2. 海运成本

模型结果显示波罗的海海运指数与铁矿石现货价格存在正相关关系,这表明 2012—2022 年波罗的海海运指数是进口铁矿石现货价格保持较高水平的一个较为重要的影响因素。鉴于海运指数并非一直呈现上涨趋势,但进口铁矿石现货价格却在这十年间总体保持较高水平,由此表明影响进口铁矿石现货价格的因素不仅仅有海运成本,还有其他变量在其中发挥着更为重要的作用。

3. 金融因素

经过 Lasso 检验后,金融因素中的 M2 变量被压缩,仅保留了美元指数变量。模型结果显示美元指数与人民币计价的进口铁矿石现货价格呈现负相关性。其根源在于:当美元指数上升时,意味着其他货币相对贬值,此时以美元计价的铁矿石价格即使保持相对稳定或小幅下降,但对铁矿石进口国而言,以本国货币计价的铁矿石价格会有所上涨,即美元指数上升,以人民币计价的进口铁矿石到岸价格会有所上升。由此表明美元指数波动所引发的国际资本流动对进口铁矿石现货价格有着一定的影响,但在 2012—2022 年,金融因素对于进口铁矿石现货价格的影响程度还是略低于海运成本因素。

4. 经济发展因素

经过 Lasso 检验后,加工业生产者物价指数被 Lasso 回归模型选择了压缩,说明在 2012—2022 年,加工业生产者物价指数虽然反映了钢铁下游工业加工业的景气情况,但其对进口铁矿石现货价格的直接影响相对较弱。

表 5 Lasso 回归方差贡献率

变量	系数	方差贡献率
lnit	0.006796	0.000352
lnst	-0.000000	0.000000
lnim	0.000000	0.000000
lnbdi	0.005510	0.000231
lnpp	0.362112***	0.999385
lnidi	-0.002032	0.000031
lnm2	0.000000	0.000000
PPI	-0.000000	0.000000

5. 定价模式

经过 Lasso 检验后,铁矿石普氏价格指数与铁矿石现货价格指数存在正相关关系,并在回归方程中权重系数最大,说明现有铁矿石普氏价格指数定价模式对进口铁矿石现货价格有着至关重要的影响力,进而揭示出在 2012—2022 年,中国进口铁矿石现货价格被铁矿石普氏价格指数定价模式所主导,其背后是国际金融资本及海外四大矿山对铁矿石价格的控制。

综上,Lasso 回归模型压缩了加工业生产者物价指数、铁矿石进口量、生铁产量、M2 同比增长等变量,结果说明这些变量对进口铁矿石现货价格的影响不如其他变量显著,即铁矿石普氏价格指数、波罗的海干散货指数、美元指数、国内铁矿石产量对铁矿石价格的影响中较为显著,其中假设 H4(指数定价因素对铁矿石价格波动有显著影响)最为重要。这一结果提示要更加聚焦于对影响进口铁矿石现货价格的关键性因素,即要对现有铁矿石指数定价模式改进和优化。

(四) 稳健性检验

1. 不同方法对比

本文同时采用线性回归、岭回归、弹性网络回归进行对比。如图 3 显示,线性回归与岭回归都保留全部变量,而弹性网络与 Lasso 选择压缩了铁矿石进口量、生铁产量、M2 同比增长、加工业生产者物价指数。铁矿石普氏价格指数、波罗的海干散货指数(BDI)、美元指数、国内铁矿石产量 4 个变量的系数值在四种方法中没有明显的差异性,即铁矿石普氏价格指数的系数值依然远超其他影响因素,同时国内铁矿石产量与海运指数的系数绝对值大于美元指数的系数绝对值。这进一步证明铁矿石普氏价格指数定价模式是造成铁矿石价格上涨的主要原因,而铁矿石供需因素、铁矿石海运成本因素、金融因素对进口铁矿石现货价格影响程度远不及指数定价因素。同时说明 Lasso 回归模型在处理不同数据时既能压缩无关变量、降低数据维度,也能保留住主要有效信息。

为了更加准确对比四种回归方法的准确性以及 Lasso 回归筛选出变量的重要意义,本文将四种方法的预测值与真实值进行对比。如图 4 所示,四种方法交叉验 R^2 大小均在 95% 左右,说明 Lasso 回归所筛选出的 4 个变量能够有效解释出铁矿石价格波动。

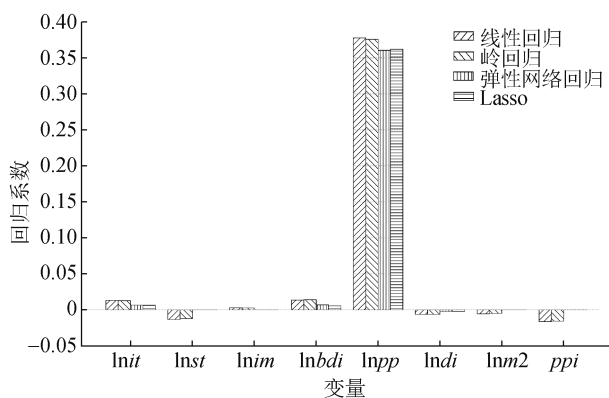


图 3 不同方法对比下的回归系数

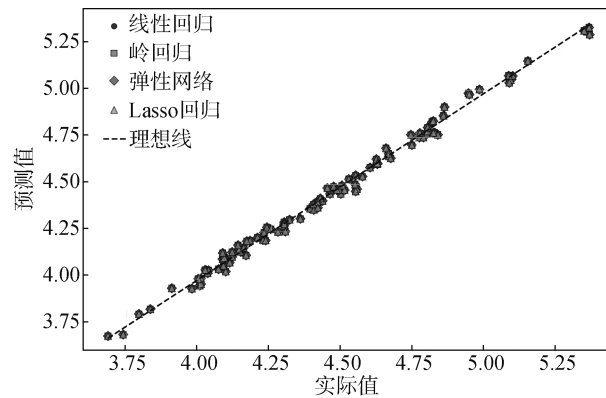


图 4 实际值与预测值对比

2. 不同交叉系数对比

如表 5 所示,在选用十折交叉进行 Lasso 回归时,8 个变量全部保留。其中,国内铁矿石产量、海运指数、普氏价格指数、美元指数的系数值与正负性均未发生明显改变,说明五折检验有效保留了主要的相关信息。生铁产量指标的系数为负数,说明生铁产量与进口铁矿石现货价格呈负相关,进一步反映出 2012—2022 年,需求因素不是进口铁矿石现货价格的主要影响因素。进口铁矿石数量的系数值为正,说明进口铁矿石数量增长,在一定程度上会拉动进口铁矿石现货价格上涨,即进口铁矿石供应量的增长,并不会抑制进口铁矿石现货价格的下降,这一违背常识的现象反衬出指数定价模式对进口铁矿石现货价格有着超强的影响力。M2 同比增长、加工业生产者价格指数与进口铁矿石现货价格呈负相关性,且两者的回归系数数值较小,进一步表明 M2 增长、加工业生产者价格指数与进口铁矿石现货价格关联性不强。

表 6 十折交叉 Lasso 回归方程

变量	系数	标准差	t	P
lnit	0.011436***	0.004190	2.79006	0.007611
lnst	-0.009367	0.005898	-1.588041	0.115708
lnim	0.001498	0.003519	0.425794	0.671253
lnbdi	0.012762**	0.004882	2.614337	0.010446
lnpp	0.374290***	0.005922	63.205741	0.00000
ln di	-0.006332	0.003791	-1.670185	0.098282
lnm2	-0.002542	0.005169	-0.491793	0.624037
PPI	-0.012293**	0.005197	-2.365433	0.02010

注: ** 和 *** 分别表示在 5% 和 1% 的水平上显著。

此外,五折交叉检验的 R^2 是 95.07%,十折交叉检验的 R^2 是 91.06%,一方面说明十折交叉检验中铁矿石进口量、生铁产量、M2 同比增长、加工业生产者物价指数(PPI)对进口铁矿石现货价格的影响效果较五折交叉检验出现下降;另一方面表明国内铁矿石产量、海运指数、铁矿石普氏价格指数、美元指数能够较好地解释进口铁矿石现货价格波动的内在规律。总体看,五折交叉检验压缩后的剩余变量已经能够有效反映出 2012—2022 年造成铁矿石价格波动的主要因素。

五、结语

本文针对铁矿石价格影响因素进行研究,明确 2012—2022 年铁矿石定价模式、海运成本是影响进口铁矿石现货价格波动的主要因素。借助实证分析,为促进铁矿石市场的健康发展,改进现有进口铁矿石定价模式,本文提出如下几点政策建议:

一是长期目标是持续探索进口铁矿石定价新模式,要逐步替代当前普氏指数定价模式。在当前情况下,要充分利用中国巨大的铁矿石需求市场优势,整合国内钢铁企业需求,形成合力,加大与海外四大矿山企业的谈判力度,通过供需双方的直接谈判,实现海外铁矿石生产企业与中国钢铁企业之间基于供需均衡的铁矿石定价谈判新模式。

二是针对现有铁矿石普氏价格指数定价模式,应加强对铁矿石市场的监管,建立更加严格的信息披露机制,约束普氏能源资讯通过小样本统计发布不能反映真正供需关系的铁矿石价格指数。各级市场监管机构应监测市场异常波动,随时对脱离实际的铁矿石价格信息进行管控,确保铁矿石市场的稳定。

三是扩大国内外铁素资源来源渠道,减少对海外四大矿山企业的高度依赖。大力支持和发展国内铁矿石采选业,加大国内铁矿石供应规模,加大废钢回收量,同时加大中国企业对海外铁矿石资源的开发力度,特别要增加在澳大利亚、巴西以外等国家的铁矿石开发力度,以此减少对“四大矿山”的依赖度。

四是优化铁矿石运输成本管理,提升进口铁矿石的经济性。为此,需要投资建设现代化港口和运输设施,提升海运效率,降低运输成本;建立海运市场监控体系,及时掌握波罗的海海运指数变化,灵活调整运输计划;与主要海运公司建立合作机制,协调运力供给,避免运力紧张导致的运输成本上升。

通过上述措施,一是可以推动钢铁产业链的协同发展和铁矿石供应渠道的多元化,有助于形成良性的供需关系,促进铁矿石市场的健康发展;二是可以适度遏制市场操纵行为,规避进口铁矿石价格长期居高不下的不利局面,降低中国钢铁企业的铁矿石采购成本。

参考文献

- [1] 杨留星,王珏.我国铁矿石进口价格预测的 ECM-SVR 混合模型[J].系统工程理论与实践,2016,36(7):1769-1777.
- [2] 陈文利.铁矿石供应链管理模式创新研究[J].现代商贸工业,2021,42(21):22-23.
- [3] 胡建兰,张舒.我国铁矿石价格影响因素实证分析[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2020(8):163-164.
- [4] 隋聪,赵越,孙晓倩,等.航运与大宗商品的跨市场影响——来自铁矿石及其航线的证据[J].系统工程理论与实践,2022,42(3):713-723.
- [5] 王杰,程思.干散货运价指数与中国进口铁矿石价格溢出效应研究[J].价格月刊,2022,538(3):29-35.
- [6] 王应贵,李自敏.资源性货币汇率对我国铁矿石进口价格的影响分析[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2013(1):76-84.

- [7] 蒋昱珺, 余星. 国际铁矿石价格与汇率动态关系的实证研究[J]. 湘南学院学报, 2020, 41(2): 114-120.
- [8] 李莉. 近期铁矿石现货价格波动影响因素研究——兼议客观看待期货市场价格发现功能[J]. 价格理论与实践, 2017, 397(7): 134-136.
- [9] 刘晓雪, 王慧娟, 白宗航. 基于社会福利损失模型的中国商品期货市场效率研究[J]. 技术经济, 2021, 40(10): 139-148.
- [10] 胡振华, 钟代立, 王欢芳. 中国铁矿石期货市场的定价影响力研究——基于 VEC-SVAR 模型的实证分析[J]. 中国管理科学, 2018, 26(2): 96-106.
- [11] 徐斌. 铁矿石国际定价权的测度分析及对我国的启示[J]. 价格理论与实践, 2015(2): 75-77, 90.
- [12] 张思萌. 经济不确定性和地缘政治风险对国内外原油价格的溢出性分析[J]. 中国商论, 2024(2): 93-96.
- [13] JENA S K, TIWARI A K, ABAKAH E J A, et al. The connectedness in the world petroleum futures markets using a quantile VAR approach [J]. *Journal of Commodity Markets*, 2022, 27: 1002223.
- [14] REBOREDO J C, UGOLINI A. Price connectedness between green bond and financial markets[J]. *Economic Modelling*, 2020, 88: 25-38.
- [15] HE F, MA F, WANG Z, et al. Asymmetric volatility spillover between oil-importing and oil-exporting countries' economic policy uncertainty and China's energy sector[J]. *International Review of Financial Analysis*, 2021, 75(7): 101739.
- [16] 陈向阳, 何海靖. 我国碳排放权交易市场与股票市场的关联——基于非线性 Granger 因果检验与非平衡面板模型的实证分析[J]. 技术经济, 2021, 40(3): 36-46.
- [17] 江乾坤, 王成哲. 互联网企业海外并购财务风险大数据预警研究——基于 Stacking 集成学习[J]. 技术经济, 2023, 42(9): 147-160.
- [18] 胡剑波, 李潇潇, 蔡雯欣. 碳达峰目标下国家生态文明试验区碳强度预测及减排潜力研究[J]. 技术经济, 2023, 42(2): 109-120.
- [19] 邢凯, 盛利琴, 张盼, 等. 基于非平衡数据处理和多变量筛选方法的上市公司财务困境预测研究[J]. 计量经济学报, 2024, 4(1): 274-300.
- [20] 王鹏, 李艳婷, 张宇. 基于在线 LASSO VAR 和 EGARCH 模型的风场功率集成概率预测[J]. 上海交通大学学报, 2023, 57(7): 845-858.
- [21] LI X, WU M, YUAN L, et al. Uncertainties and oil price volatility: Can lasso help? [J]. *Finance Research Letters*, 2024, 61: 104963.
- [22] CHENG W J, MING K, ULLAH M. Oil price volatility prediction using out-of-sample analysis—Prediction efficiency of individual models, combination methods, and machine learning based shrinkage methods[J]. *Energy*, 2024, 300: 131496.

Causal Inference of Iron Ore Price Fluctuations: Analysis of Influencing Factors and Effects

Li Lintai, Cui Wei

(School of Economics and Management, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: China's steel industry has a huge demand for imported iron ore and does not have the pricing power for imported iron ore, so there is a high risk in the supply of iron ore. Since there are many factors affecting the price of imported iron ore and they are interrelated, there is still a lack of authoritative research results on the causes of fluctuations in the spot price of imported iron ore. Based on the existing research on the price of imported iron ore, factors such as iron ore supply and demand, transportation costs, pricing models, finance, and economic development were selected as factors affecting the price of iron ore, and determines the relevant representative indicators of each factor. By constructing a Lasso regression model, the main influencing factors of the spot price of imported iron ore and the complex interactive relationship between these factors are clarified, and the influence of each influencing factor is identified by the variance decomposition method. The results show that the Platts iron ore price index, shipping index, US dollar index, and domestic iron ore production are the main factors affecting the spot price of imported iron ore, among which the Platts iron ore price index is the most critical factor. Based on the model results, it puts forward corresponding policy recommendations from the perspectives of strengthening iron ore market supervision and optimizing iron ore transportation costs.

Keywords: causal analysis; iron ore prices; lasso regression