

Empirical Analysis of Coal Industry Concentration and Production Safety Level

Shiyao Chen

Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang, 310007, China

Abstract

Resolving the frequent occurrence of mining accidents and improving the safety level of coal production is one of the original intentions of coal industry integration, and it is also an inevitable requirement of policy humanistic care. Based on the perspective of economies of scale, this paper considers the current situation of China's coal market structure, takes the coal industry concentration as the core explanatory variable, and analyzes its relationship with the level of coal safety production. This paper also discusses the regression result that there is no significant correlation between the entry barrier of coal industry and the level of production safety, and puts forward some suggestions on the policy of coal resource integration and industrial structure optimization in China.

Keywords

coal industry; production safety; industrial concentration; entry barrier

煤炭产业集中度与生产安全水平的实证分析

陈诗尧

浙江大学, 中国·浙江 杭州 310007

摘要

解决矿难频发问题, 提高煤炭生产安全水平, 是煤炭行业整合的初衷之一, 也是政策人文关怀性的必然要求。本文基于规模经济的视角, 考量中国煤炭市场结构现状, 以煤炭产业集中度作为核心解释变量, 分析了其与煤炭安全生产水平的关系。本文还探讨了煤炭产业进入壁垒与生产安全水平的无显著相关性的回归结果, 在此基础上对中国煤炭资源整合与产业结构优化政策提出了建议。

关键词

煤炭产业; 生产安全; 产业集中度; 进入壁垒

1 引言

安全生产长期以来都是中国的一项基本国策, 安全生产可以保护劳动者安全健康并发展生产力, 也能促进国民经济稳定、持续、健康发展。煤矿事故频发是煤炭工业长期以来的痼疾, 自 1990 年至 2018 年, 中国煤矿事故死亡人数达 127224 人, 平均每年死亡 4387 人。关注煤炭生产安全, 探究煤炭生产安全水平影响因素, 以期对改善煤炭生产安全提出一定见解与政策建议, 是本文现实意义所在。

针对煤炭生产事故频发的状况, 中国各地陆续开始煤炭资源整合。反映在市场结构上, 产业集中度明显上升, 以行业集中率指数 CR4 这一指标为例, 2004 年中国煤炭行业集中率为 13.52%, 2018 年上升至 26.60%。解决矿难频发问题, 是

煤炭行业整合的初衷之一, 也是煤炭资源整合着力推行的目标。本文以数据与实证为依托, 旨在考量煤炭产业集中度的提高对安全生产水平提升是否有显著作用, 以期验证煤炭资源整合政策的实效, 为其提供实证与理论支持。

本文考虑中国煤炭市场结构及煤炭资源整合涉及的主要经济量, 以产业集中度与安全生产水平的关系作为核心问题, 基于省际面板数据进行实证研究, 并提出政策建议。

2 相关研究综述

产业集中度是产业结构的一个核心维度, 对安全生产水平的关系及作用机理具有很大的研究价值。探讨煤炭产业集中度与生产安全水平的相关文献内容可归纳为两部分——机理分析与实证分析。

产业集中度的提高对安全生产水平存在正向影响。经归

纳可得出产业集中度的提高存在以下影响机制：（1）大型企业更愿意进行安全投入，提高安全生产水平。陶长琪、刘劲松（2007）构建了纳入煤矿工人、煤矿经营者、地方政府官员和中央政府监管部门四个博弈主体的博弈模型，认为大中型国有煤矿更愿意进行大量的技术和安全方面的投入^[1]。（2）大型企业技术与管理水平更为优越，安全体系建设程度好。黄盛初（2009）对比分析了国际煤炭工业多年来发展的趋势，力主推动大企业帮扶小企业改善其安全管理体系，以互助机制促进煤矿安全生产实现根本好转^[2]。（3）大型企业劳动生产率高，危险发生概率减小。随着煤炭企业的现代化发展，煤炭工人的生产力提高，生产单位的工人人数减少，可以确保生产的安全；同时，随着劳动生产率的提高，工人接触高风险工作领域的概率减少，可以更好地保障安全。

还有部分实证文献为本文提供了最直接的参考，其直接将煤炭产业集中度作为核心解释变量，探究产业集中度与煤矿安全生产水平的关系。李少林、叶秀东（2010）以1990—2006年中国煤炭行业的相关数据为样本进行实证分析，选取中国煤炭产量中乡镇煤矿企业产量所占的比重作为煤炭产业集中度的量度，结果表明煤炭产业集中度与中国煤矿百万吨死亡率呈反向变动关系；接着通过VAR模型对煤炭行业集中度与中国煤矿百万吨死亡率的关系作动态计量分析，脉冲响应函数显示煤炭行业集中度与中国煤矿百万吨死亡率存在动态负相关关系^[3]。郭云等（2011）用行业集中率（选取中国山西省六大集团原煤产量）作为产业集中度的计量指标，建立了百万吨死亡率与行业集中率之间的简单回归模型，分析1999～2009年中国山西省数据，结果显示：集中度与百万吨死亡率之间存在着高度的负相关关系^[4]。赵琦（2013）使用的产业集中度测度与郭云相同，分析了2000—2011年中国山西省数据，采用最小二乘法拟合函数polyfit建立每百万吨死亡率与行业集中率之间的二次函数，得出随着产业集中度的提高，百万吨死亡率显著下降的结论^[5]。李艳梅、张雷（2007）以HHI指数作为市场集中度的表征，对1990—2005年中国煤炭产业的市场集中度和所有权集中度与安全绩效之间的关系进行了实证分析，结果表明以HHI指数表示的市场集中度的提高对安全绩效的改善有着显著的影响^[6]。

纵观这类煤炭产业集中度与安全水平的实证文献，还有一个问题引起了研究者的注意——进入壁垒。李志强等（2011）

得到煤炭产业进入壁垒与安全绩效关联度大于集中度对安全绩效的关联度的结论^[7]。李艳梅、张雷（2007）以国有煤矿的煤炭产量占总产量的比重来表征进入壁垒，回归结果表明国有所有权集中度的提高对安全绩效无显著影响。

综上所述，分析煤炭产业集中度与安全绩效相关关系的文献已较为成熟地揭示出二者之间存在趋势上的相关性，但目前研究仍存在不足之处，主要体现在三个方面：（1）对产业集中度如何影响安全绩效的内在逻辑缺乏深入探讨；（2）基于中国数据的实证研究得出一般规律的多，基于地区数据进行研究的文献少；（3）进入壁垒提高是与煤炭产业市场集中度提高相伴生的现象，对安全生产水平是否存在影响，尚存在争议，仍需新数据验证或不同样本对比分析。鉴于此，本文探讨煤炭产业集中度与生产安全水平之间的关系，以期做出一定补充。

3 煤炭产业集中度与生产安全水平机理分析

2005年后，中国各省份积极推行煤炭资源整合，主要方式是“关停并转”，由大型煤炭企业兼并重组中小煤矿，产业集中度显著提高。由此可以得出煤炭产业市场集中度的提高意味着大型煤炭企业占据市场份额的增大。

将安全视为企业效益的一个维度，大型煤炭企业份额增加，会带来规模经济，使其规模扩大，单位成本降低或收益增加。大型煤炭企业在专业化程度、安全素质、安全投入和安全监管方面有其优越性，会对安全水平的提高产生正向影响。煤炭产业集中度提高，大型企业市场影响力增大，会对整个行业的安全生产水平发挥正面作用。

煤炭产业集中度提高，大型企业会发挥其市场领导力和支配力，以其优越的安全管理模式及安全投入策略等影响整个煤炭行业。而中小企业作为跟随者，也会对大型企业的行为策略进行效仿，从而提高整个行业的安全生产水平。反之，在竞争激烈的市场中，大型煤炭企业影响力较低，规模经济的外溢效应较小；小型企业更多是作为竞争者而非跟随者，对大型企业的跟从和学习动机不强，多以减小生产成本，压低价格为主要竞争策略。大型企业在生产安全方面的优越性不易在整个行业扩散，行业整体安全生产水平的提高会受到限制。

综上所述，大型煤炭企业在生产专业化程度、安全素质、

安全投入、安全监管这些方面会对生产安全水平产生正面影响，煤炭产业集中度的提高有利于大型企业发挥其行业领导者的地位，产生外溢效应，从而优化煤炭行业的生产安全水平。

4 煤炭产业集中度影响生产安全的实证研究

4.1 模型设计与数据来源

4.1.1 基本的回归模型

根据影响安全绩效的结构指标及相关政策，以煤炭产业集中度为核心解释变量，以原煤产量、劳动生产率、地区生产总值与进入壁垒作为控制变量，并加入表示煤炭资源整合政策是否实行的虚拟变量，建立多元回归方程，如下：

$$rdeath = \alpha_1 + \beta_1 hhi + \beta_2 m + \beta_3 l + \beta_4 gdp + \beta_5 sto + \beta_6 policy + \varepsilon \quad (4-1)$$

其中煤炭产业生产安全水平记为 *rdeath*，产业集中度记为 *hhi*，原煤产量记为 *m*，劳动生产率记为 *l*，地区生产总值为 *gdp*，进入壁垒记为 *sto*，政策虚拟变量记为 *policy*。

4.1.2 变量定义与数据来源

煤炭产业安全水平用一个常用的相对指标——每百万吨原煤产量死亡人数来表征，这一指标通常也被称为每百万吨生产死亡率。数据来源于历年中国各省统计年鉴与安全统计公报。

本文利用中国工业企业数据库 2000–2013 年数据，以营业总收入口径计算逐年煤炭产业赫芬达尔–赫希曼指数，作为对产业集中度的量度。

控制变量中，产量为各省逐年原煤产量，单位为百万吨，数据来源为万得数据库。由于中国市场煤炭价格差异较小，本文用原煤产量与工业企业数据库中煤炭开采与洗选企业全年平均从业人数比值近似反映劳动生产率（其中 2003、2011、2012、2013 年全年平均从业人数数据缺失，用年末平均从业人数替代）。地区生产总值为以收入法计算的以 2000 年为基年的各地区实际 GDP。样本中各省级行政区煤炭资源整合政策实施时间来源于各省级政府文件。

中国煤炭产业进入壁垒主要来源是政策性进入壁垒，本文用国有资产比重来衡量，参照陈林等使用的测算方法，国有资产比重核算方法是，使用中国工业企业数据库中煤炭开采与洗选业内“登记注册类型”为国有企业、国有独资企业、国有联营企业、集体企业、集体联营企业、国有与集体联营

企业的企业资产总额之和除以整个产业的资产总额^[8]。

4.2 实证分析与结果

4.2.1 基本的回归结果

本文选取中国山西、贵州、陕西、河南、内蒙古、甘肃、安徽、辽宁、山东、重庆、黑龙江等产煤省份，以其 2000–2013 年的数据进行省际面板数据回归，全样本的回归结果如下表 1 所示：

表 1 基本回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>rdeath</i>	<i>rdeath</i>	<i>rdeath</i>	<i>rdeath</i>	<i>rdeath</i>
<i>hhi</i>	-6.820*	-6.423*	-7.929*	-7.937*	-6.896*
	(0.019)	(0.022)	(0.012)	(0.018)	(0.034)
<i>m</i>	-0.00643***	-0.00619***	-0.00639***	-0.00638***	-0.00552***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>l</i>		-0.908***	-0.666***	-0.665**	-0.945***
		(0.000)	(0.000)	(0.005)	(0.001)
<i>gdp</i>			-0.0181***	-0.0181***	-0.0164***
			(0.000)	(0.000)	(-0.000)
<i>sto</i>				0.0163	-0.569
				(0.990)	(0.692)
<i>policy</i>					-1.076**
					(0.005)
常数	4.510***	4.518***	6.073***	6.064***	6.374***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>N</i>	130	130	130	130	130
<i>R</i> ²	0.163	0.169	0.298	0.298	0.279

注：*、**和***分别表示在 5%、1%和 0.1%水平上显著，括号内为 P 值。

由以上回归结果可见，与机理分析中的推断相一致，煤炭产业生产安全水平与产业集中度呈正相关，赫芬达尔–赫希曼指数每增加 1 单位，每百万吨死亡率减少 6.896%。从统计层面佐证了中国长期以来推行资源整合政策，提高煤炭产业集中度在减少煤矿死亡率，提高安全水平方面取得了可观的成效，也符合煤炭资源整合的设想初衷。此外，进入壁垒与每百万吨死亡率相关关系不显著，这一回归结果呼应了李艳梅等（2007）的结论：“国有所有权集中度的提高对安全绩效无显著影响”。

4.2.2 内生性问题

上文的基本回归是在未考虑内生性的情况下所做的，本研究的内生性可能体现为反向因果与遗漏变量，有必要做进一步说明与实证分析。

反向因果关系是指解释变量连带地由被解释变量决定，或者也可能是二者同时受其他变量的影响。就本文所做的研究，具体可能表现在煤炭产业集中度反过来受安全生产水平的影响，如发生一起重大煤矿安全事故，政府进行煤炭行业整顿，强制关闭一些生产力低下或生产不合规定的煤矿，或者发生重大事故的煤矿倒闭，都有可能令产业集中度体现出上升趋势。因此，存在反向因果的可能性。

此外，在回归方程中可能会遗漏和煤炭生产安全水平有关的变量，如员工受教育水平，救援与医疗水平乃至天气因素。在此情况下，被遗漏的变量对生产安全水平的影响被合并到误差项中，当这些遗漏变量与其他解释变量相关时，就会产生内生问题。

为了缓解以上内生性问题的干扰，本文参照刘萌等的工作，使用以下两种手段：（1）使用滞后项来控制反向因果问题，这一期的生产安全水平并不会影响前一期的产业集中度，因此可以解决反向因果问题；（2）使用差分 GMM 来进一步缓解遗漏变量问题^[9]。差分 GMM 可以消除不随着时间的推移而变化的变量以及个体观测效应的影响，这样就部分解决了缺失变量的问题，而且能够消除反向因果关系，从而可以较好地解决内生性问题。首先来看滞后一期的结果，如表 2 所示，滞后一期的 hhi 系数仍然显著为负数，这意味着即便在控制了反向因果后，hhi 仍然会显著降低煤矿死亡率，提高安全生产的水平。

表 2 滞后一期的回归结果

	(1)
	rdeath
L.hhi	-6.867*
	(0.029)
m	-0.005***
	(0.000)
gdp	-0.016***
	(0.000)
l	-0.864***
	(0.000)
policy	-0.932**
	(0.006)
常数	5.892***
	(0.000)
R ²	0.2936
N	127

注：*，**和***分别表示在5%，1%和0.1%水平上显著，括号内为P值。

其次再来看差分 GMM 的回归结果，如表 3 所示。表 3 显示了差分 GMM 的回归结果。需要注意的是，要应用差分 GMM 需满足其前提条件：差分方程中残差项允许存在一阶序列相关，但不允许存在二阶自相关，因此，还需要对估计结果做 Arellano-Bond 序列自相关检验，Hansen 和 Sargan 检验。

表 3 差分 GMM 回归结果

	(1)
	rdeath
L.rdeath	0.899***
	(0.000)
hhi	-6.734*
	(0.049)
m	0.0004
	(0.312)
gdp	0.003
	(0.117)
l	-0.074
	(0.729)
policy	-0.580
	(0.189)
AR(1)	0.065
AR(2)	0.157
Sargan	0.447
Hansen	0.949
N	104

注：模型中均加入了时间趋势变量；采用两阶及更高阶的滞后项作为内生变量差分项的工具变量；*，**和***分别表示在5%，1%和0.1%水平上显著，括号内为P值。

由上表可以看到，AR(1)的P值小于0.10，而AR(2)的P值大于0.10，这表明残差项在10%水平上存在一阶序列相关，10%水平上没有拒绝模型不存在二阶序列相关的假设，可见估计是一致的，且通过了自相关检验。Sargan 检验和 Hansen 检验的P值也均大于0.10，也都没有拒绝原假设，说明选取的工具变量是有效的。这说明差分 GMM 模型是适用的，结果也与前文保持一致，hhi 系数仍然显著为负数，说明产业集中度有助于提升生产安全的水平。

4.3 稳健性检验

在已有文献中，每百万吨原煤产量死亡人数（通常称为每百万吨死亡率）是通用的衡量煤炭生产安全水平的指标，但我们同样要考虑到该指标易出现异常值的潜在问题。因为煤炭生产事故的发生有很大的偶然性，同等外因引发的事故，事故发生时工作人数或人员布局不同，死亡人数可能会出现很大的差异。所以，为了保证结果的稳健性，本文取与前文

相同的省份为样本，以每百万吨原煤产量发生事故数（记为 *racc*）替换每百万吨原煤产量死亡人数（即前文 *rdeath*），进行省际面板回归。煤矿事故主要来源于各省级政府安全统计公报，也参照学术论文、统计年鉴等权威资料做了一定的补充。

应用以上变量，用同样模型构建思路，解释变量中删去相关系数不显著的进入壁垒，进行回归，所得结果如表 4：

表 4 稳健性检验回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>racc</i>	<i>racc</i>	<i>racc</i>	<i>racc</i>
<i>hhi</i>	-3.920*	-4.750*	-4.636*	-4.107*
	(0.044)	(0.018)	(0.022)	(0.046)
<i>m</i>	-0.00451***	-0.00461***	-0.00453***	-0.00374***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>gdp</i>		-0.0142***	-0.0141***	-0.0128***
		(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>l</i>			-0.314	-0.542*
			(0.112)	(0.017)
<i>policy</i>				-0.860**
				(0.002)
常数	3.003***	4.177***	4.175***	4.180***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>N</i>	124	124	124	124
<i>R</i> ²	0.134	0.257	0.257	0.275

注：*，**和***分别表示在 5%，1%和 0.1%水平上显著，括号内为 P 值。

可见替换被解释变量，以每百万吨原煤产量发生事故数替换每百万吨死亡率，得到的回归结果显示煤炭生产安全水平与产业集中度的相关系数依然显著为负数，这也进一步印证了前面的结果。

5 研究结论与政策建议

本文基于规模经济的视角，考量中国煤炭市场结构现状，以煤炭产业集中度作为核心解释变量，分析了其与煤炭安全生产水平的关系。本文主要得到以下结论：在控制产量、劳动生产率、地区生产总值的前提下，（1）煤炭产业集中度提高可以有效提高煤炭生产安全水平；（2）煤炭安全生产水平与进入壁垒无显著相关关系。以上结论在一定程度上说明了国家提高煤炭产业集中度的对煤炭资源的并购重组政策在提

高生产安全水平方面发挥了积极作用。

结合中国煤炭市场现状，本文针对中国煤炭市场政策提出如下建议：

（1）持续推进煤炭资源整合。煤炭资源整合本质是生产力的集中与优质生产力的筛选，其有利于煤炭产业市场绩效包括经济绩效与安全绩效的提升，也有利于技术更新与人员培训的推广。企业应继续推进煤炭资源整合工作，发展先进产能，并推进产业转型升级，培养新的发展动能，提高煤炭附加值，从资源性产业转变为技术性产业，提高生产效益。

（2）加强国有煤矿管理与安全建设。中国目前的煤炭资源整合以“大煤矿，大企业”为主。“大煤矿”通常是国有煤矿，“大煤企”也通常是国有企业以及中央企业，所以煤炭资源整合过程中常伴生有进入壁垒增大的问题，而老牌国有煤炭企业下属的旧矿井数量较多，影响了收益与安全水平。所以政府在推行煤炭资源整合的过程中，要加强国有煤矿安全建设，一方面，依托国有企业强大的资金与技术实力，降低生产成本，提高劳动生产率；另一方面，有计划地淘汰退出落后产能，培育置换先进产能，以实现矿井数量减少、生产率提高、安全水平提高的目标。

（3）鼓励创新。技术创新与管理体制创新可以在煤炭生产率提高的同时兼顾安全生产水平，促进煤炭产业良性发展，重视煤炭生产与安全管理的智能化、科技化。除鼓励煤炭企业引进先进技术外，还应激励煤炭企业自身的创新能力，如重视高学历技术人才的引进和培养，鼓励员工提高创新意识，对持有专利的部门或个人给予奖励等。

参考文献

- [1] 陶长琪, 刘劲松. 煤矿企业生产的经济学分析——基于我国矿难频发的经验与理论研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2007, (2): 124-135
- [2] 黄盛初. 国内外煤炭工业发展趋势与煤矿安全战略 [J]. 中国煤炭, 2009, (9): 5-9
- [3] 李少林, 叶秀东. 煤炭行业集中度对煤矿安全影响的实证研究——基于山西省煤炭企业重组的视角 [J]. 东北财经大学学报, 2010, (1): 31-34
- [4] 郭云, 张雪岩, 田艳芳. 山西煤炭资源整合的效果分析 [J]. 中国市场, 2011, (1): 143-144
- [5] 赵琦. 山西省煤炭资源整合定量评价 [J]. 计量与测试技

- 术,2013,(7):3-4
- [6] 李艳梅等. 中国煤炭产业集中度与绩效的实证分析 [J]. 北京交通大学学报 (社会科学版),2007,(3):11-14
- [7] 李志强, 赵守艳, 尤会杰. 煤炭产业市场结构与市场绩效的关联度分析 [J]. 山西大学学报 (社会哲学科学版),2011,(7):130-134
- [8] 陈林, 朱卫平. 创新、市场结构与行政进入壁垒——基于中国工业企业数据的熊彼特假说实证检验 [J]. 经济学 (季刊),2011,10(02):653-674
- [9] 刘萌, 史晋川, 罗德明. 媒体关注与公司研发投入——基于中国上市公司的实证分析 [J]. 经济理论与经济管理,2019(03):18-32.