

煤炭企业安全投入水平、效率与结构评价研究

梁美健 闫蔚 张慧 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

2012教育部规划基金项目(12YJA630067):
基于安全投入水平的煤矿安全不良状况预警管理研究

煤炭企业安全投入水平、效率与 结构评价研究

梁美健 闫蔚 张慧 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

煤炭企业安全投入水平、效率与结构评价研究/梁美健, 闫蔚, 张慧著. —北京: 经济管理出版社, 2015.5

ISBN 978-7-5096-3797-5

I. ①煤… II. ①梁… ②闫… ③张… III. ①煤炭企业—安全投入—研究—中国
IV. ①F426.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 107268 号

组稿编辑: 申桂萍

责任编辑: 申桂萍 高 娅

责任印制: 黄章平

责任校对: 车立佳

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: www.E-mp.com.cn

电 话: (010) 51915602

印 刷: 北京易丰印捷科技股份有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 710mm×1000mm/16

印 张: 9

字 数: 157 千字

版 次: 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5096-3797-5

定 价: 42.00 元

·版权所有 翻印必究·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

前 言

作为我国经济发展核心支柱和重要能源之一的煤炭业，在国民经济发展中占重要地位。煤炭业高速的发展带来频发的煤矿事故，煤炭安全问题成为国家安全的重中之重。2013年，我国煤矿死亡率是0.29人/百万吨；而在2004年，煤矿死亡率曾是3.08人/百万吨。数据显示，近年来该指标呈下降趋势，但与其他国家相比较而言，我国煤矿百万吨死亡率仍然较高。众多学者研究发现，造成我国煤矿安全水平较低的原因之一是煤炭企业安全投入量不够、投入结构不合理。煤炭企业安全投入水平与其合理的结构对整个煤炭企业安全起到重要的作用。为此，如何提高安全投入水平，如何优化安全投入结构，将会对煤炭企业安全生产具有重要的意义。

第一，针对煤炭业存在的问题，本书剖析了安全投资的概念和安全产出的含义，论述了煤炭企业安全投入方面的相关理论，对煤炭企业安全投入水平与煤炭企业安全投入结构进行分析。

第二，借鉴国内外较为完善的研究思路，基于实际调研获取的指标样本数据，建立基本的煤炭企业安全投入指标体系，然后经K-S、Mann-Whitney检验和主成分因子分析，形成对煤炭企业安全投入评价的终极评价指标体系，在此基础上，通过实证分析建立Logistic回归模型，对煤炭企业安全投入水平进行评价，有针对地加强主要指标的安全投入力度。

第三，本书选取了有关数据包络模型中的安全投资指标和安全产出指标，按照本书所建指标与所取数据的需要，选择了 DEA 模型中基于产出的带松弛变量 BC^2 模型。

第四，以某煤炭集团下属的四个煤炭企业为决策单元，选择并建立 DEA 模型。根据 BC^2 模型求解，模型的计算均在 DEAP Version 2.1 软件中实现。根据分析结果，显示煤炭企业安全投资结构不够合理，在安全教育方面的投资有待提高，并对相应提高的安全教育费用进行了定量分析。

第五，根据数据特征，运用熵权法和灰色关联法对煤矿安全投入结构进行评价，以便于管理者对资源进行合理的分配和优化。

第六，本书针对煤炭企业实际存在的问题，就提高安全投入水平、优化其结构这两个方面提出管理对策，以引导和促进煤矿的安全健康发展。

本书以提高煤炭企业安全投入水平、优化煤炭企业安全投入结构为目的，对煤炭企业安全投入水平与煤矿安全状况的关系进行研究。建立安全投入指标体系，在此基础上建立安全投入评价模型，对煤矿安全投入水平进行评价，有针对性地加强主要指标的安全投入；通过一定的评价方法对煤矿安全投入结构进行评价，以便于管理者在安全投入中做到资源优化配置，以正确引导和促进煤矿的安全健康发展。

本书在国内外学者们研究的基础上，厘清煤炭企业安全投入相关理论和方法的脉络，将煤炭企业安全投入评价的理论和方法进行结合，对安全投入指标评价体系进行归纳、扩展和完善。我国安全生产基础理论，特别是安全经济理论研究成果相对不够丰富，远不能满足安全生产发展的要求。因此，本书围绕安全投入水平展开，有利于加强煤炭企业安全投入决策理论与方法的研究，有利于寻找能够指导煤炭企业安全合理投入的方法，有利于从理论上给予完善。

从实践意义而言，建立具有可操作性的安全投入指标体系，利用

这些指标构建煤矿安全投入水平的评价模型，对由于安全投入不足而可能出现的煤炭企业不良安全状况进行分析，从而有利于安全投入方向和安全投入结构的科学化、合理化。虽然研究的是煤炭企业，但是这不单单是为了提高煤炭企业的经济利益，而且是有利于安全生产，关乎国家财产和人民的生命安全，关乎整个社会的和谐发展，进而实现可持续发展。

要想使我国煤炭企业安全状况实现根本性好转，就必须完善煤炭企业安全投入机制，确保安全投入的科学、合理与高效，夯实安全生产的基础。而对于煤炭企业安全投入水平、效率及结构的优化研究，则具有重要的理论价值和实践意义。

目 录

第一章 绪 论	001
第一节 研究背景与意义	001
一、研究背景	001
二、研究目的及意义	004
第二节 研究现状	006
一、安全投入	006
二、DEA 理论发展及其应用	012
三、安全预警	014
四、财务预警管理	015
第三节 主要研究内容	021
第四节 研究方法与技术路线	023
一、研究方法	023
二、技术路线	024
第二章 煤矿安全投入与产出的理论基础	025
第一节 煤矿安全不良状况的界定及其原因	025
一、煤矿安全投入与不良状况的界定	025
二、造成煤矿安全不良状况的原因	028

第二节 煤矿安全投入基本原理	030
一、安全投入分类	031
二、安全投入优化原理	034
三、安全投入特性	035
四、影响煤炭企业安全投入的主要因素	036
五、煤炭企业安全投入结构优化标准	039
第三节 安全产出分析	041
一、安全产出含义	041
二、煤炭企业安全产出计算	041
三、安全投入与安全产出关系分析	043
第四节 安全学与财务学预警管理原理	044
一、安全学预警管理原理	044
二、财务学预警管理原理	046
第三章 煤矿安全投入评价指标及模型的构建	049
第一节 煤矿安全投入评价指标体系的设置	049
一、煤矿安全投入评价指标体系构建的原则	049
二、煤矿安全投入基本统计指标体系的建立	050
第二节 基于 Logistic 回归模型的煤矿安全投入的 综合评价	053
一、正态性检验	053
二、显著性检验	056
三、主成分因子分析	060
四、Logistic 回归模型的建立	074

第四章 DEA 基本理论及其在煤炭企业安全投入中的

模型构建	085
第一节 DEA 基本理论	085
一、DEA 基本思想	085
二、DEA 的应用步骤	086
三、DEA 常用的两种模型	088
第二节 煤炭企业安全投入 DEA 模型构建	091
一、DEA 模型选择	091
二、决策单元选择	093
三、DEA 模型建立	093

第五章 基于 DEA 模型的煤炭企业安全投入应用分析

第一节 煤炭企业概况	095
第二节 煤炭企业安全投入数据统计及 DEA 模型运算	096
一、煤炭企业安全投入基本数据统计	096
二、DEA 模型运算结果	098
第三节 煤炭企业安全投入效率及结构评价	101
一、煤矿安全投入效率评价	101
二、煤炭企业安全投入结构分析	103

第六章 熵权法与灰色系统的煤炭企业安全投入结构评价

第一节 熵权法	105
一、评价指标的标准化	105
二、计算第 i 项指标下第 j 个评价等级指标值的 比重	106
三、计算第 i 项指标的输出熵	106
四、计算评价指标的熵权	106
第二节 灰色关联分析及应用	110

第七章 对策 114

 一、国家层面的措施 114

 二、企业层面的措施 116

 三、安全教育方面的建议 118

参考文献 122

第一章 绪 论

第一节 研究背景与意义

一、研究背景

伴随着国民经济发展水平的提高，我国对能源的需求量越来越大。我国消耗使用的最主要能源之一是煤炭，因此，国民经济的发展受煤炭工业发展水平影响很大。煤炭行业的安全问题已成为制约我国煤炭工业稳定发展的重大问题之一。目前，我国是世界上的煤炭消费和生产大国，产煤量逐年递增，煤矿百万吨死亡率逐年降低，这表明，我国煤炭行业安全状况有很大改善，政府和煤炭企业近十年的努力有很大成效，为提高煤炭行业安全水平所采取的措施有很大成效，图 1-1 清晰地显示了 2003~2013 年我国逐年递增的年产煤量和逐年降低的百

万吨死亡率^①。

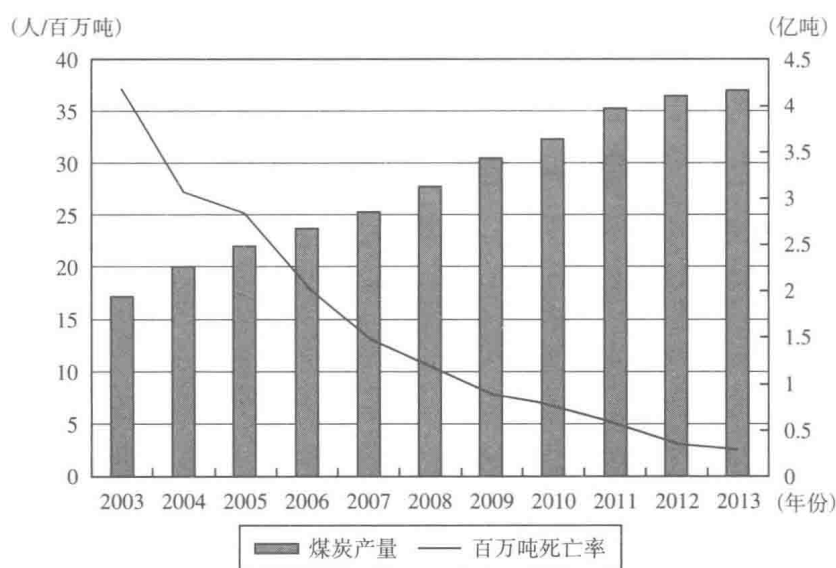


图 1-1 2003~2013 年煤炭产量与百万吨死亡率趋势对比

煤矿百万吨死亡率是衡量一个国家煤炭行业安全水平的重要指标之一。2013 年，我国煤矿死亡率为 0.29 人/百万吨，是 2005 年煤矿死亡率的 1/10，但是美国百万吨死亡率在 2003 年就达到 0.03 人/百万吨，印度百万吨死亡率甚至都一直比我国低，与其他国家相比，我国煤炭百万吨死亡率仍然较高。因此，逐年降低的煤矿百万吨死亡率并不能证明我国的煤炭行业安全水平达到了较高的程度。数据表明，我国煤炭行业安全水平远低于世界平均水平。我国仍需投入大量精力以降低百万吨死亡率，提高煤炭行业安全水平。表 1-1 清晰地表明我国、美国 and 印度的百万吨死亡率之间的差距^②。

表 1-1 中国、美国和印度煤炭百万吨死亡率比较

单位：人/百万吨

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
国家											
中国	4.17	3.08	2.84	2.04	1.48	1.18	0.89	0.75	0.56	0.35	0.29

① 数据来源于国家安全生产监督管理局网站，<http://www.chinasafety.gov.cn>。

② 国外数据来源于美国矿山安全健康监察局网站，<http://www.msha.gov>。

续表

年份 国家	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
美国	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
印度	0.63	0.61	0.52	0.54	0.51	0.54	0.32	0.31	0.27	0.21	0.19

2013年1月18日,贵州省金佳煤矿发生了煤与瓦斯突出严重安全事故,该事故中,13人遇难;2013年2月28日,河北省艾家沟煤矿井下着火,造成12人死亡;2013年3月12日,贵州省马场煤矿发生了煤与瓦斯突出安全事故,该事故共造成25人死亡;2013年3月29日和4月1日,吉林省八宝煤业发生瓦斯爆炸事故,分别造成36人和17人遇难;2013年4月20日,吉林省龙市庆兴煤矿发生了重大瓦斯爆炸,造成18人遇难;2013年5月11日,四川省泸县桃子沟煤矿发生瓦斯爆炸,事故造成28人死亡;2013年6月2日,湖南省邵司马冲煤矿发生瓦斯爆炸事故,10人死亡;2013年9月30日,江西省曲江煤矿发生煤与瓦斯突出事故,事故共造成11人遇难;2013年9月28日,山西正升煤业公司发生透水事故,共造成10人死亡;2013年12月13日,新疆昌吉州煤矿发生瓦斯爆炸事故,致22人遇难^①……据不完全统计,2013年,煤炭企业事故死亡人数为300人左右,其中还未包括未上报到国家安全总局的事故,以及各地官员及煤矿管理人员少报的伤亡人数。煤炭行业的发展支撑着我国国民经济的发展,但是,绝对不能以牺牲矿工的生命作为发展的代价,这是发展必须要遵守的前提,是一条绝对不能逾越的红线,因此,我国社会各界应共同努力以保证煤炭工业快速、可持续、健康以及低事故率的发展。

根据我国政府近十年来针对煤炭行业安全问题所采取的措施及众位学者的研究表明,充足且合理的安全投入能有效提升煤炭行业的安

^① 数据来源于国家安全生产监督管理总局网站, <http://www.chinasafety.gov.cn>。根据国家煤矿安全监察局《煤矿事故调查与处理暂行办法》的规定,特别重大事故:一次死亡30人以上(含30人);特重大事故:一次死亡10~29人;重大事故:一次死亡3~9人。

全状况，有效降低煤炭行业事故发生率，减少财产损失。我国煤炭行业安全投入方面主要存在两个问题：安全投入不足、安全投入结构不合理。第一个问题表现在很多煤炭企业没有基本安全设施，无法保证基本的安全水平，第二个问题表现在安全投入不能充分发挥功效，白白浪费企业资源。我们应根据现存问题，提出改进措施，彻底改变我国煤炭行业安全现状，因此，必须对煤炭企业安全投入状况进行合理性研究，以求在安全资源有限的条件下，科学合理地利用资源，将其功效发挥到最大，力求同等的安全投入可以获得最大的安全效益，不仅要降低甚至要避免安全事故发生的概率，保护矿工生命健康安全，减少财产损失，也能保证煤炭行业健康、持续、稳定的发展。

二、研究目的及意义

企业在安全方面投入资金、购买安全设备、为职工提供安全教育培训、宣传安全文化、设置专门的安全部门，正是为了给职工提供一个相对安全的劳动环境，以降低事故发生率，或者避免安全事故发生，达到安全生产的目的。研究煤炭行业安全投入的目的也正是希望可以实现高水平的安全生产，减少甚至避免矿工伤亡，降低职业病的发生概率，减少财产损失，实现煤炭行业的持续、稳定发展。

因为资源是有限的，煤炭企业是以营利为目的存在的，它不可能为了追求绝对的安全水平而将所有资金投入安全方面。在现在的煤炭行业安全状况下，需迫切解决的问题是如何在有限的安全资源条件下，达到最大的安全效益，也就是安全投入的决策问题，安全投入应该怎样分配到安全生产的各个方面，安全投入各要素应占多少份额。我们要研究的就是如何在可接受的安全水平下，避免安全投入的浪费，合理分配安全投入结构，最大化安全产出。

本书从阐述安全投入的含义出发，结合相关的 DEA 模型及煤炭企

业安全方面的数据分析其安全投入是否合理，以充实煤炭行业安全管理方面的理论，提高煤炭企业的安全产出，最大限度地发挥煤炭行业安全投入的效果，可以为煤炭企业管理者提供科学合理的安全投入决策依据以及具体应用的建议，这正是本书的研究目的。

安全生产的前提和保障是充足且合理的安全投入，发挥安全投入最大功效的要点在于安全投入的科学性以及投入结构的合理性。通过对煤炭企业的安全投入进行研究，有助于煤炭企业高效、科学地利用有限的安全投入，有助于改善煤炭企业的安全生产现状，从而在有限的安全投入下获得最大限度的安全产出。

将 DEA 模型运用到煤炭企业安全投入的研究，通过合适的 DEA 模型对煤炭企业的安全投入结构进行研究，为煤炭企业安全投入方向提供有效的分析方法，有助于煤炭企业安全投入结构的优化，投入决策的科学合理制定，为煤炭企业的安全生产管理提供科学的参考依据；有利于企业安全投入决策者理性选择决策，合理决策配置安全投入，对提高煤炭行业各级领导在安全投入方面的决策能力具有很大意义。

本书以提高煤矿安全投入水平、优化煤矿安全投入结构为目的，对煤炭企业安全投入水平与煤矿安全状况的关系进行研究。建立安全投入指标体系，在此基础上，建立安全投入评价模型，对煤矿安全投入水平进行评价，有针对性地加强主要指标的安全投入；通过一定的评价方法对煤矿安全投入结构进行评价，以便于管理者在安全投入中做到资源优化配置，以正确引导和促进煤矿的安全健康发展。

本书拟在国内外其他学者研究的基础上，厘清煤矿安全投入相关理论和方法的脉络，将煤矿安全投入评价的理论和方法进行结合，对安全投入指标评价体系进行归纳、扩展和完善。我国安全生产基础理论特别是安全经济理论薄弱，远不能满足安全生产发展的要求，是一个不争的事实。因此，本书围绕安全投入水平展开，有利于加强煤矿安全投入决策理论与方法的研究，有利于寻找能够指导煤矿安全合理

投入的方法，有利于从理论上给予完善。

从实践意义而言，建立具有可操作性的安全投入指标体系，利用这些指标构建煤矿安全投入水平的评价模型，对由于安全投入不足而可能出现的煤矿不良安全状况进行分析，从而有利于安全投入方向和安全投入结构的科学化、合理化。虽然研究的是煤炭企业，但是这不仅仅为了提高煤炭企业的经济利益，而且是有利于安全生产，关乎国家财产和人民的生命安全，关乎整个社会的和谐发展，进而实现可持续发展。

最后，要想使我国煤矿安全状况实现根本性好转，必须完善煤矿安全投入机制，确保安全投入的科学、合理与高效，夯实安全生产的基础。那么对于煤矿安全投入水平及结构优化研究，具有重要的理论价值和实践意义。

第二节 研究现状

一、安全投入

由于目前在国外煤炭行业属于低风险行业，所以国外在煤炭领域安全投入的研究不多，而是主要集中在风险较高的行业，例如建筑、化工行业、汽车、核工业、水上运输和航空运输等领域。研究内容主要侧重于职业健康及安全分析评价。本书将其划分为以下三个阶段：

第一阶段：亚当·斯密在《国富论》中描述了安全条件和补偿工资之间的关系，认为安全条件与工资之间呈负相关的关系，安全条件差

则工资就高，以此来确保工人的数量。经济学家 Sherwin Rosen 以数学的思想量化这一关系，建立了“T 享乐模型”。由此，安全科学进入了启蒙阶段^[1]。

第二阶段：在 20 世纪 50 年代开始至 20 世纪 80 年代，美国南加利福尼亚州创办的《安全科学文献》，首次出现“安全科学”这一术语，标志着安全研究序幕的拉开。在此阶段日本的井上威恭（1995）^[2]、原西德·A.库尔曼（1987）^[3] 分别发表了《最新安全工学》和《安全科学导论》。1990 年，在德国科隆举行的“第一届世界安全科学大会”标志着现代安全科学理论体系初步形成。

第三阶段：意大利著名学者 D. 安德列奥尼（Andreoni Diego）撰写的《职业性事故与疾病的经济负担》中提出预防费用、事故费用、总费用及最小费用定义，并且建立了“职业安全卫生费用模型”^[4]。Vander Beek（1997）在研究中得出，成本收益分析在安全健康相关项目中是非常重要的^[5]。Elyce Biddle（2005）在公司层面的基础上，对职业健康安全进行经济评估，从而计量出企业的经济价值^[6]。在建筑学领域，美国学者 Jimmie Hinze（1993）在建筑行业中研究安全成本投入，并构建了典型的安全成本投入（安全奖励计划、配备安全人员、事故调查、个人保护装备、药品检验、安全培训、安全管理制度、安全委员会）^[7]；学者 K.S.Son 等（2000）^[8] 在建筑领域对安全投入进一步研究。在航空安全领域，学者 Rose N.L.（1990）分析了安全投入与安全效益的关系，提出安全投入是事故率函数的结论^[9]；Talley（1995）进一步深入研究 Rose N.L.的相关研究，指出不同的安全投入方案有不同的安全效益^[10]；此外，学者 Patrick Mc CCarthy（2001）采用 Ordered Probit 分析安全投入对航空运输事故的危害性^[11]。学者 Scott Farrow（2002）研究了安全投入决策最优化的问题，结果显示预防性的安全成本投入将获得较好的投入效益^[12]。韩国学者 Hyungjoon Yoon 等（2000）基于数据收集，对韩国化工厂进行研究，对安全成本