

湖南师范大学商学院经济管理理论丛

中小型煤矿生产 安全水平评价研究

王爽英\著

ZHONGXIAOXING MEIKUANG
SHENGCHANANQUAN SHUIPING
PINGJIA YANJIU



经济科学出版社
Economic Science Press

湖南师范大学商学院经济管理理论丛

中小型煤矿生产 安全水平评价研究

王爽英／著

ZHONGXIAOXING MEIKUANG
SHENGCHANANQUAN SHUIPING
PINGJIA YANJIU



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

中小型煤矿生产安全水平评价研究 / 王爽英著. —北京:
经济科学出版社, 2015. 3

(湖南师范大学商学院经济管理理论丛)

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5606 - 5

I. ①中… II. ①王… III. ①中小企业 - 煤矿企业 -
安全生产 - 安全评价 - 研究 - 中国 IV. ①F426. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 065040 号

责任编辑: 王东岗

责任校对: 刘欣欣

责任印制: 邱 天

中小型煤矿生产安全水平评价研究

王爽英 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷有限公司印刷

三河市华玉装订厂装订

880 × 1230 32 开 7 印张 200000 字

2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5606 - 5 定价: 25.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn)

总 序

湖南师范大学经济与管理学科源远流长。1938 年设立的公民训育学系就已经开设经济学、中国经济组织、国际政治经济、近代外国经济史四门课程。新中国成立后，学校先后于 1953 年和 1960 年成立了政治经济学教研组与教研室。1992 年，著名经济学家、中国消费经济学的主要创始人之一尹世杰教授调入湖南师范大学工作，我校经济管理学科步入快速发展时期，他亲自创办的《消费经济》杂志也落户我校。1997 年，我校成立经济与管理学院，2003 年经济与管理学院更名为商学院。

目前，我校已开设经济学、金融学、国际经济与贸易、市场营销、人力资源管理、工商管理、会计学、电子商务、旅游管理、酒店管理、文化产业管理等 10 多个经济管理类本科专业，拥有产业经济学、政治经济学、西方经济学、人口、资源与环境经济学、区域经济学、企业管理、会计学、旅游管理、工商管理（MBA）、民商法学、经济法学等 20 余个经济管理类专业或相关专业硕士点；统计学一级学科博士点具有经济学博士学位授予权和博士后流动站，形成了博士后、博士、硕士、学士四级人才培养体系。改革开放以来，我校先后培养了包括陈东琪、魏后凯、杨开忠、梁琦、谭跃进、马超群等一大批活跃在经济与管理学界的著名中青年学者。

湖南师范大学商学院一直秉承“仁爱精勤”的校训精神，鼓励和支持教师在教书育人的同时，积极从事科学研究，通过科学研究提升教学水平，并把服务社会作为自己的重要使命。学院已在消费经济学与消费者行为理论、马克思主义经济学、产业组织理论与企业理论、风险管理和保险理论、开放经济与空间经济学、人力资源

管理、会计与审计、金融理论、教育经济与管理等领域组建了精干的学术梯队，形成了较为稳定的研究方向。“十二五”以来，学院教师先后成功申报国家社会科学基金重大项目、国家自然科学基金项目等国家级课题多项，在 SSCI 源刊、SCI 源刊、《经济研究》、《经济学季刊》、《管理科学学报》、《管理世界》等国内外权威和重要学术期刊发表论文数十篇。

在经济科学出版社的大力支持下，《湖南师范大学商学院经济管理理论丛》已陆续与广大读者见面，希望社会各界不吝赐教。

湖南师范大学商学院院长刘子兰

2012 年 12 月

前 言

安全是人类最重要和最基本要求，安全生产是社会发展的必然要求。随着经济发展和社会进步，公众对煤矿安全生产要求和关注度也越来越高。面对中小型煤矿的安全事故频发的状况，如何科学而客观评价中小型煤矿生产安全水平，对影响生产安全的因素进行全面综合分析，并采取相应措施，最大限度地降低矿难事故所带来的危害，提高生产安全水平，是政府和煤矿企业所面临的重大课题。中小型煤矿生产安全评价是建立安全长效机制的重要支撑，也是安全生产管理和煤矿生产监督的重要手段，因此研究中小型煤矿生产安全评价问题具有重要的理论和现实意义。

本书的研究综合应用安全科学和系统科学的相关理论和方法，对中小型煤矿的生产安全现状、生产区域安全度、生产安全的评价指标体系和综合评价方法、生产安全的投入产出效率和投入决策模型等方面进行了较系统的研究，并提出提升中小型煤矿生产安全水平的策略。主要的研究内容如下：

(1) 中小型煤矿生产安全现状的研究。对我国煤矿整体的生产安全的状况进行说明，并与国外主要产煤国进行对比分析。针对目前煤矿安全生产的法律法规，提出中小型煤矿存在的合理性，并以比较方式分析了中小型煤矿生产安全的现状，探讨引发生产安全事故的原因。

(2) 中小型煤矿区域安全度和系统安全度的研究。说明了影响煤矿生产安全的危险因素，界定区域安全度和分析安全度和安全等级之间的关系，提出单一区域和组合区域的安全度计算方法，同时结合某煤矿的实际情况进行了实证分析。

(3) 中小型煤矿生产安全水平评价指标体系的研究。阐述了系统安全评价理论, 针对目前我国煤矿生产安全评价体系存在的主要问题和不足, 确定了一套较为全面且简单实用的指标体系, 从生产区域安全、人员安全、安全管理、安全事故四个方面建立了一个三层 22 个评价指标的指标体系, 并对各评价指标的具体含义进行说明。

(4) 中小型煤矿的生产安全水平的综合评价研究。运用主、客观的综合赋权法确定中小型煤矿生产安全水平评价指标的权重, 运用灰色层次分析理论、模糊综合评价法、集对分析理论三种评价方法对中小型煤矿进行综合评价, 并进行实证分析。针对三种评价方法的优劣进行分析比较。

(5) 从生产安全水平投入、产出的角度, 利用数据包络 (DEA) 模型对中小型煤矿生产安全投入与产出的相对有效性进行研究。以第三章建立的中小型煤矿生产安全水平评价指标体系为基础, 建立基于 DEA 的投入和产出评价指标体系, 并运用 CCR 模型对 15 家中小型煤矿的相对有效性进行了实证研究。

(6) 生产安全投入决策的常用方法的分析研究。主要包括德尔菲法、头脑风暴法、教育交流法等定性决策, 以及决策树法、贴现现金流法、实物期权法等定量方法, 说明这些方法在生产安全投入决策中的具体应用, 并比较分析方法的优劣。另外, 说明了多种人工智能技术在煤矿生产安全决策领域的应用状况。

(7) 建立基于 BP 网络的中小型煤矿生产安全投入决策模型, 决策模型以区域安全度、事故发生率和年经济损失金额比例三项指标为模型输入数据, 以生产安全投入的十项指标为输出指标, 利用 MATLAB 对 DEA 有效的 10 个决策单元为训练样本, 对网络进行训练。运用训练好的神经网络模型对 5 个无效的中小型煤矿进行生产安全投入的测算, 通过对原数据和测算数的比较, 得出需调整的主要投入指标。

(8) 提升中小型煤矿生产安全水平的对策和建议研究。针对

中小型煤矿生产安全系统的特点，结合上述研究的结论。从完善安全生产法律法规、提高人力资源安全素质、改进安全设备和技术、建立健全安全管理组织和提高事故救援能力等五个方面提出具体的建议和对策。

通过上述的研究，建立了中小型煤矿生产安全水平评价指标体系，并进行综合评价，研究了中小型煤矿生产安全投入相对效率，并对其生产安全投入决策问题进行实证分析，形成了一套较为系统的中小型煤矿生产安全水平评价研究体系。

本书在作者博士学位论文基础上扩展修改而成，本书受湖南师范大学博士科研启动项目（2014BQ27）、湖南师范大学博士出版基金以及湖南师范大学商学院重点学科的资助。

作 者

2014 年 12 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.2 国内外研究现状	6
1.3 研究的理论基础	12
1.4 本书的研究内容及技术路线	20
1.5 本章小结	23
第2章 我国中小型煤矿生产安全状况	24
2.1 我国煤矿生产安全状况	24
2.2 中小型煤矿存在的合理性	32
2.3 中小型煤矿生产安全现状分析	34
2.4 本章小结	40
第3章 中小型煤矿生产区域安全度研究	41
3.1 中小型煤矿生产安全的危险因素分析	41
3.2 区域安全度和安全等级	44
3.3 安全度的计算	47
3.4 应用举例	50
3.5 本章小结	55

第 4 章 中小型煤矿生产安全水平综合评价指标体系的构建	57
4.1 指标体系概述	57
4.2 中小型煤矿生产安全水平综合评价指标体系的构建理论	58
4.3 中小型煤矿生产安全水平综合评价指标体系的构建	67
4.4 中小型煤矿生产安全综合评价指标体系的特点	83
4.5 本章小结	83
第 5 章 中小型煤矿生产安全水平综合评价	85
5.1 评价指标的量化处理	86
5.2 中小型煤矿生产安全水平综合评价指标权重的确定	91
5.3 中小型煤矿生产安全水平的综合评价	99
5.4 本章小结	116
第 6 章 基于 DEA 的中小型煤矿生产安全投入水平评价	117
6.1 DEA 模型概述	117
6.2 超效率 SE-CCR 模型的引入	122
6.3 DEA 模型用于煤矿生产安全投入水平评价需注意的问题	125
6.4 基于 DEA 中小型煤矿生产安全投入水平评价	126
6.5 本章小结	137
第 7 章 煤矿生产安全投入决策方法研究	139
7.1 生产安全投入决策程序	139
7.2 影响煤矿生产安全投入决策的因素	142
7.3 煤矿生产安全投入常用决策方法研究	143
7.4 基于现代智能技术的决策方法	155
7.5 本章小结	158

第 8 章 基于 BP 神经网络的中小型煤矿生产安全投入决策	160
8.1 神经网络概述	161
8.2 BP 网络模型及其算法	163
8.3 基于 BP 网络的中小型煤矿生产安全投入决策模型 建立	171
8.4 中小型煤矿安全生产投入决策模型的应用	173
8.5 中小型煤矿生产安全水平投入决策分析	177
8.6 本章小结	180
第 9 章 提升中小型煤矿生产安全水平的对策和建议	182
9.1 建立健全安全生产的政策法规, 强化安全生产监督 ..	183
9.2 完善安全管理机构设置和人员配备, 提高安全管理 组织水平	186
9.3 加强安全技术培训和安全生产教育, 提升员工安全 素质	187
9.4 改善安全技术装备, 提高生产安全技术水平	189
9.5 创新应急救援工作的机制, 提升应急救援能力	192
第 10 章 结论与展望	194
10.1 主要工作及研究成果	194
10.2 主要创新点	197
10.3 展望	198
参考文献	199

第 1 章

绪 论

1.1

研究背景和意义

1.1.1 研究背景

我国是一个具有“缺油、少气、富煤”的能源结构特性的国家，煤炭一直是最重要的能源，在国内能源生产与消费中占绝对主导地位。20 世纪 60 年代以前，煤炭在中国能源生产与消费结构中的比例保持在 90% 以上；到 70 年代末，两个比例逐步下降到 80% 以下；直到 80 年代末，这一比例基本保持在 75% 以上。改革开放以来，煤炭产业取得快速发展，特别是“十一五”时期，煤炭工业转变发展方式和调整产业结构，加大对煤炭勘探力度，煤炭资源储量每年都有一定的增加，2010 年年底，全国保有探明资源储量为 13412 亿吨，较 2005 年增加 3000 亿吨；2011 年全国煤炭新增探明储量达 575.1 亿吨；2012 年新增煤炭储量 1320 亿吨，我国煤炭资源储量丰富，远景储量达 5 万多亿吨，仅次于俄罗斯和美国，居

世界第三位。煤矿生产能力整体水平也显著提高,2011年,全国煤炭产量35.2亿吨,约占一次能源生产总量78.6%,根据煤炭工业“十二五”发展规划,到2015年,全国煤炭需求量达到39亿吨,年均增长3.8%,至2015年,我国煤炭产能将达41亿吨/年,占我国的一次能源消费构成的63%左右,其中大型煤矿产量达26亿吨/年。从未来煤炭消费需求来看,据有关机构预测,到2020年,中国煤炭消费量仍将占一次能源消费总量的55%左右,消费总量达到38亿吨左右;到2050年,煤炭消费比重还将占50%左右,今后一个时期,煤炭需求总量仍将保持适度地增长。煤炭生产在国民经济发展中仍具有举足轻重的地位,煤炭企业为国家经济建设做出了巨大贡献。虽然目前国家积极推进“两型社会”建设,积极发展低碳经济和循环经济,研发和推广气候友好技术,强调我国煤炭工业必须坚持走节约发展、清洁发展、安全发展和可持续发展的路子,加速对新能源研究和开发,煤炭在一次能源结构中的比重将逐渐下降,但既有的能源结构决定了在相当长的时期煤炭仍将作为主要能源资源,且煤炭资源的可靠性、价格的低廉性、燃烧的可洁净性等特点,决定了煤炭工业在国民经济和社会发展中的基础地位和作用,将是长期和稳固的。近几年来,对煤炭需求量也在日益增加,出现的煤炭消费弹性系数偏高,即能源消费的增长速度要快于经济增长速度,说明我国尚是一个能耗较高的煤炭消费模式的国家,也进一步显示煤炭在国家经济发展建设中仍具有的重要作用。尽管这种情况在今后会有有一定的改变,但目前煤炭仍是我国的重要基础产业这一点是不能否认和改变的。

煤炭工业属于高危险行业,煤矿生产系统是一个特别复杂多变的系统,致灾因素种类较多,重特大事故的发生往往由一个小事故的连锁反应,造成重大的人员伤亡。作为一个煤炭生产和消费大国,煤炭生产过程中的安全问题历来备受重视,政府制定了“安全第一,预防为主”的安全生产方针,许多煤矿企业加强安全生产治理、重视安全生产教育、强化安全生产培训等,在一定程度上

促进了煤炭安全生产状况的好转,但由于煤矿生产安全受生产环境、技术装备、人员素质、管理水平等诸多因素的影响,煤炭安全事故次数的仍然居高,造成人员大量伤亡、财产的重大损失和带来极大的社会负面影响。安全事故是煤炭产业发展过程中遇到的最首要和亟须解决的问题。据不完全统计,我国每年死于矿难中的人数,仅次于交通事故,占到工业伤亡人数的六成以上。据国家安全生产监察总局统计资料表明:从1999年到2009年,因矿难死亡的人数达到5万余人。2010年,安全生产形势逐渐好转,死亡人数同比7.5%,其中瓦斯爆炸事故占总死亡人数的42.3%;其次是透水事故和顶板事故。虽然煤矿生产总体情况有所好转,各项指标虽有所下降,但与世界上一些其他主要产煤的发达或发展中国家比较,不难发现我国安全生产状况与他们的差距还很大,据国际劳工组织公布的数据,当我国百万吨死亡率高达2.04时,美国仅为0.039,相当于我国的1%,南非为0.13,印度为0.42,俄罗斯为0.34,远低于我国水平。另外,我国煤炭生产中的职业病危害也尤为严重,2000年前煤炭行业尘肺病人累计就已达20多万,占全国工矿企业尘肺病人总数的50%左右。煤矿事故产生带来巨大经济损失,资料表明,煤矿事故平均每死亡1人,经济损失不少于10万,而瓦斯爆炸事故平均每死亡1人,经济损失不少于30万。据估算,全国大小煤矿每年因死亡事故造成的经济损失至少有36亿元。特别是以地方煤矿和乡镇煤矿为主的中小型煤矿,由于保证安全生产的软硬件都不如国有重点煤矿完善,其每年的死亡人数占到总死亡人数的七成以上。据2003年中国煤炭工业统计年鉴统计,2002年我国国有重点煤矿、国有地方煤矿和乡镇煤矿的百万吨死亡率分别为1.27、3.83和11.69,全国平均为4.94。由此可见,中小型煤矿无论从死亡人数还是从百万吨死亡率上来讲,都远远超过国有重点煤矿。从2003年开始,全国各类事故起数和死亡人数持续上升的势头有所控制,但是中小型煤矿安全生产形势依然十分严峻。

在全球经济一体化的趋势下,中国煤炭行业安全生产的严峻局面已引起了国际社会的广泛关注,国际煤炭组织(ICO)曾强烈要求中国政府尊重矿工的基本人权,为矿工提供必要的劳动保护措施,否则将考虑发动国际社会抵制中国生产的煤炭。安全问题有可能成为发达国家给中国设置贸易障碍的借口,影响到整个行业的发展进程,因此,煤矿安全生产直接关系到我国经济建设的长久持续发展,对我国全面建设小康社会以及国家经济建设都起着决定性的作用。针对煤炭产业发展过程中存在的许多实际问题,应如何科学地解决,保证煤炭产业的健康发展,已引起全社会的关注。因此,无论从保护劳动者的安全和健康,促进国家经济社会可持续发展的角度,还是从顺应全球经济一体化,保证国际经济活动的安全顺利进行的角度,都需要加强煤炭行业安全生产问题的研究,正确评估煤矿企业的生产安全水平,对影响企业生产安全的因素进行全面综合分析,并对提升企业的生产安全水平提出可行的对策和建议。

1.1.2 研究意义

安全是人类最重要和最基本要求,安全生产是社会发展的必然要求。随着经济发展和社会进步,公众对煤矿安全生产要求和关注度也越来越高。因此,根据经济社会发展的新要求,政府和煤矿企业都应采取有力措施,最大限度降低矿难事故所带来的危害,提高煤矿生产的安全水平。安全评价是煤矿安全生产长效机制的支撑,也是安全生产管理和煤矿生产监督监察的重要手段,因此研究中小型煤矿安全评价具有重要的理论和现实意义。

从负效应角度分析煤矿开采所产生的损害的可能性和严重程度,并制定出可行的预防措施这个过程,就是煤矿安全评价所需要做的工作。不同阶段的评价工作其作用是不同的:安全预评价能有效地提高设计的安全和可靠程度;验收评价可提高煤矿安全生产的达标水平;安全现状评价对煤矿正常生产各方面做出客观综合的评

价,使煤矿企业掌握煤矿的安全状况。

作为煤矿安全生产管理和监督的重要手段,煤矿安全评价的研究意义主要体现在对政府、监管部门和煤矿企业的生产安全改善方面:一是加强了政府和相关监管部门对煤矿企业的安全监督管理,通过开展煤矿安全评价,促进政府部门加强对中小型煤矿安全生产的监管,增加煤矿安全宏观管理的针对性和有效性,便于制定安全生产的政策法规,促进和保障煤矿安全生产,有利于建立和完善煤矿安全工作格局;有助于安全生产监管部门、煤矿安全监察机构加强对煤矿安全的控制,目前我国中小型煤矿数目大,分布广,开展煤矿安全评价,可以掌握不同产能煤矿的安全水平状况,制定不同的监察制度,有利于抓住安全监察工作的重点和提高绩效。二是有利于提高中小型煤矿的生产安全水平。煤矿的监管部门和机构根据煤矿安全评价整体情况,制定相关的法律法规,对煤矿企业生产安全进行指导,促使煤矿建立的安全生产管理制度、安全投入政策、安全技术措施和人员培训等一系列制度。促进了企业对生产安全工作的重视,也提高煤矿职工的安全意识,有利于煤矿企业选择合理的安全投资方向,根据事故出现的概率大小和事故造成损失的程度高低及影响范围,选择事故管理和控制的具体措施和方法,确定恰当的安全投入规模和合理的结构,实现煤矿企业生产安全投入效益最大化,提高安全投入的绩效。总之,通过中小型煤矿生产安全水平评价研究,使煤矿企业全面辨识影响煤矿安全生产的危险因素,及时发现煤炭生产中存在的安全隐患,有助于煤矿企业安全管理者对危险因素进行有效管理和控制,提出合理可行的提升生产安全水平对策,有效改善中小型煤矿生产安全状况。同时为煤矿安全监管部门实施监察和管理提供了政策参考,进一步促进我国劳动安全卫生管理的法律法规建设,使其更具系统化、规范化和科学化。

1.2

国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

安全评价（也称危险评价或风险评价）起源于 30 年代美国的保险业。随着工业化进程加快，工业生产系统日趋大型化和复杂化，生产中的火灾、爆炸、有毒有害气体泄漏和扩散等重大事故不断发生，推动了对企业、装置、设施和环境等安全评价工作的开展。20 世纪 60 年代开始，英、美等国全面、系统地进行企业的设施和环境等方面的风险评价原理和方法研究。目前，安全评价的方法已达数十种之多。在煤矿安全评价方面，专门针对煤矿安全问题的研究并不多，这与国外以石油为主要能源的消耗能源结构有关。美国、澳大利亚，日本、波兰等国的学者从不同的视角研究煤矿生产的安全评价技术，主要集中在以下几个方面：

① 以概率风险作为评价技术。以衡量矿井生产系统是否安全的危险度为评价指标，危险度的大小是由生产系统中安全隐患造成事故的概率与造成损害的乘积来确定，事故概率和损失程度通过统计数据获得。由于目前对于安全隐患发生的概率和损失程度的统计数据不够全面，因此，方法缺乏实用性，主要是讨论这些统计数据的模糊性问题。随着风险评价过程中的局部技术得到突破，如在可靠性理论研究过程中对系统及工程失效概率的估计方法，为煤矿生产系统安全评价提供概率估计方法的借鉴。这对系统状态不明确的定量风险评价研究具有十分重要意义。

② 建立了包括各种伤亡（包括职业病）情况、损失时间、伤害方式等和事故相关的多种因素的伤亡事故统计数据库。美国宾夕