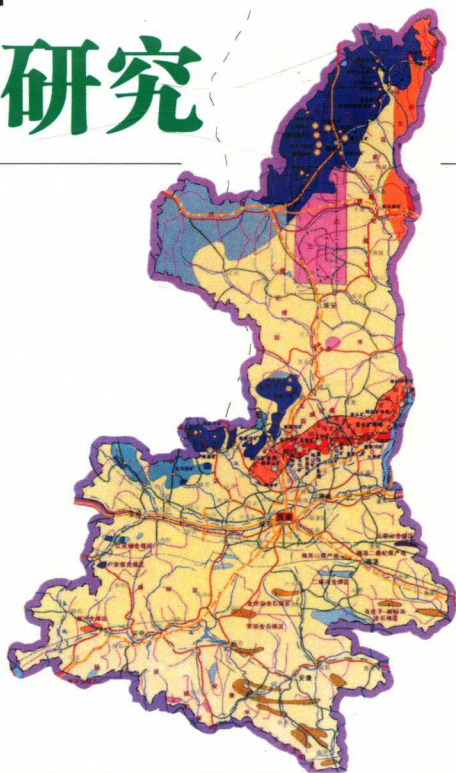


管理·运营书系

陕西煤炭业 可持续发展研究

■ 袁显平 著



知识产权出版社

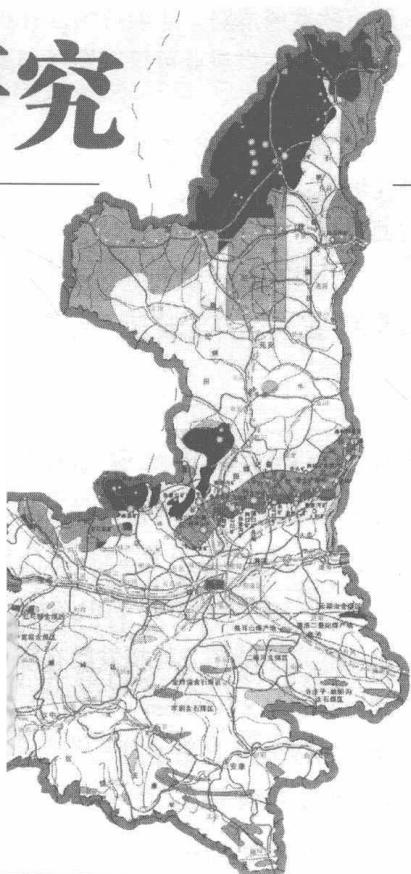
全国百佳图书出版单位

战略·管理·运营书系

本书得到了陕西省自然科学基金项目(2014JM9362)、陕西省社会科学基金项目(13D302)、陕西省教育厅科学研究计划项目(12JK0069)、西安科技大学哲学社会科学繁荣计划项目(2013SZ02)等资助。

陕西煤炭业 可持续发展研究

■ 袁显平 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

陕西煤炭业可持续发展研究/袁显平著. —北京: 知识产权出版社, 2015. 8
ISBN 978 - 7 - 5130 - 3736 - 5

I. ①陕… II. ①袁… III. ①煤炭工业—可持续性发展—研究—陕西省
IV. ①F426. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 205606 号

内容提要

陕西煤炭资源丰富, 但生态环境脆弱。在国家强化生态文明建设和煤炭市场持续低迷的大背景下, 陕西煤炭业需要持续优化煤炭资源开发模式, 加快现代化矿井建设步伐, 重视科技投入以实现创新驱动发展, 强调本质安全, 坚持安全、绿色、高效地开发利用煤炭资源, 节能降耗, 生态发展, 真正走上可持续发展道路, 才能持续提升核心竞争力, 在激烈市场竞争中立于不败之地。

本书适合关注煤炭业可持续发展相关主题的各类人员阅读、参考。

责任编辑: 荆成恭

责任校对: 董志英

封面设计: 刘 伟 何睿烨

责任出版: 孙婷婷

陕西煤炭业可持续发展研究

袁显平 著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司 网 址: <http://www.ipph.cn>

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

天猫旗舰店: <http://zscqcbbs.tmall.com>

责编电话: 010 - 82000860 转 8341

责编邮箱: jcgxj219@163.com

发行电话: 010 - 82000860 转 8101/8102

发行传真: 010 - 82000893/82005070/82000270

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

开 本: 720mm × 1000mm 1/16

印 张: 13

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

字 数: 210 千字

定 价: 58.00 元

ISBN 978 - 7 - 5130 - 3736 - 5

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

十八大报告将生态文明建设放在与经济、政治、文化和社会建设同等重要的地位，这为我国煤炭资源开发与利用，指明了发展方向。换言之，我国能源发展要坚持“节约、清洁、安全”的战略方针，加快构建清洁、高效、安全、可持续的现代能源体系，大力推进煤炭清洁高效开发利用，控制煤炭消费总量、降低煤炭消费比重，才能“适应新常态、引领新常态”。陕西煤炭资源丰富，开发潜力大，然而生态环境脆弱，实现安全、节约与清洁发展任务艰巨。面对国家提出的能源行业发展战略方针和当前低迷的市场环境，陕西唯有进一步优化煤炭资源开发模式，持续推进煤炭生产与消费革命，节能降耗，生态发展，才能使陕西煤炭业真正转向可持续发展轨道，才能持续提升核心竞争力，在激烈竞争的市场中立于不败之地。

本书综合运用了煤矿开采学、企业管理学、产业经济学、可持续发展等相关理论，采用系统分析法、比较分析法、综合评价法、调查法、实例法、描述统计等理论与实证相结合的方法，在全面梳理和评述了国内外研究现状的基础上，系统地分析了陕西煤炭资源分布与矿井建设条件，回顾和分析了陕西煤炭业及煤炭资源开发模式，盘点了我国煤炭业和陕西煤炭业在“黄金十年”所取得的成绩，构建了煤炭资源开发模式综合评价指标体系，并对陕西煤炭资源开发模式进行综合评价；随后，设计了陕西现代化矿井的评价体系，提出了评价标准，探讨了陕西现代化矿井建设模式；继而，实证分析了煤炭企业研发投入与经营绩效的关系，回顾并分析了陕西煤炭业科技创新情况，论证了科技创新对陕西煤炭业可持续发展的重要意义，并提出了政策建

议；最后，回顾和分析了我国煤矿安全生产情况，具体分析了陕西煤矿安全生产情况，论证了强化安全生产对陕西煤炭业可持续发展的重要意义。主要研究工作及结论有以下五个方面。

(1) 应用描述统计和比较分析法，对陕西煤炭业发展历程及地位、我国煤炭业和陕西煤炭业在“黄金十年”取得的成绩、陕西煤炭开发模式演变及现状进行了系统的梳理和分析。研究发现：陕西煤炭业取得了巨大发展，规模以上企业生产总值已占全省的10%以上，原煤产量自2009年起一直稳居全国第3位，即陕西煤炭业在陕西国民经济中和全国煤炭开采领域已占据了重要地位。在2003—2012年的“黄金十年”里，我国煤炭业和陕西煤炭业均得到了快速发展，取得了优异成绩。自新中国成立以来，陕西煤炭开发模式日趋完善，生产布局得到较大改善，生产结构得到较大优化，大中型煤矿产量已占到全省总量的93.2%，全省煤矿机械化采煤程度已达到90%以上；多元化经营、产业融合取得较大发展，“三个转化”（煤向电转化、煤电向载能工业品转化、煤气油盐向化工品转化）成绩斐然。

(2) 基于对国家能源政策、煤炭行业发展背景以及神华集团公司先进煤炭资源开发模式的分析，提出了煤炭资源开发模式综合评价指标体系设计的指导思想、评价指标选择的原则，并进一步完善评价指标选择依据，构建了煤炭资源开发模式综合评价指标体系。综合评价指标体系一级指标包括六大要素，即产业布局与结构、开采现代化程度与效率、生态与环境保护、产业融合发展、安全生产，以及社会与经济效益，综合评价指标体系还包含19个二级指标和18个三级辅助指标。通过问卷调查方法，确定了6个一级指标（六大要素）和19个二级指标的权重。基于所构建的煤炭资源开发模式综合评价指标体系，从六个方面综合评价了陕西煤炭资源开发模式，并发现相对兄弟省区，陕西在煤炭资源开发六大方面多数表现良好，但在生态与环境保护方面还有待加强。

(3) 从生产与营运效果、生产与营运保障两个维度，研究并提出了现代化矿井的评价指标与标准，构建了陕西现代化矿井的评价指标与标准体系，探讨了陕西现代化矿井的建设模式。研究认为：①在对陕西现代化矿井实施评价时，要考虑矿井的自然环境、资源赋存、开采条件等客观因素，以及矿

井生产与保障系统和矿井生产与营运效果。②对陕西现代化矿井的评价,应基于“生产与营运效果”“生产与营运保障”两个层面进行。③描述分析了我国大型煤炭基地现代化矿井(安全高效矿井)的建设情况,给出了其建设成绩及发展方向。从建设规模、开采工艺、安全设施、信息化建设,以及管理体系建设与环保等层面,对陕西现代化矿井的建设提出了建设性意见和建议。④由于资源赋存、自然环境、开采条件等方面存在的或多或少的差异,陕西各基地现代化矿井建设不能搞一刀切和采用同一种模式。

(4) 全面梳理回顾了我国煤炭业及陕西煤炭业近 10 年来科技投入与产出情况,实证研究了研发投入与煤矿企业经营绩效的关系。研究发现:①近年来我国煤炭业日益重视科技投入,然而与其他行业相比,我国煤炭业拥有专门研发机构的煤炭企业较少,开展研发活动的煤炭企业不多,新产品收入占主营收入比例还远低于全国平均水平。②基于 2003—2013 年的时间序列数据,运用广义的 C-D 生产函数进行分析表明,研发投入对我国大中型煤炭企业经营绩效具有显著的正向作用,去除控制变量后正向作用更为显著。基于 2006—2012 年我国 100 强煤炭企业截面数据的实证结果,进一步证实了研发投入对煤炭企业经营绩效具有显著的正向作用。同时实证检验并分析了作为控制变量的资本投入和劳动投入对煤炭企业经营绩效的作用关系。③陕西省煤炭开采与洗选业近年来较为重视科技投入,在数量和百分占比上,2013 年绝大多数指标均较前两年有更好表现。然而,虽然陕西煤炭业在陕西省国民经济与社会发展中占有重要地位,但其煤炭企业在科技投入与产出中的表现,远远逊色于其“规模以上企业数量、工业总产值、从业人员平均数”等指标在全省总量中的百分占比。因此,从全省平均来看,陕西煤炭业科技投入与产出还有较大的提升空间。

(5) 全面梳理回顾了我国及陕西省煤矿事故发生情况,并分析了总体特征与具体特征及演变趋势。研究发现:①总体上,在全球煤炭大国中,我国是煤矿事故爆发最为频繁、死亡率最高的国家。具体而言,我国煤矿事故呈现地域、时间、煤矿类型、事故类型、伤亡等级等分布特征。演变趋势上,近年来我国煤矿安全形势有所好转,事故发生次数与致死亡人数均迅速下降,但与国际先进水平相比,总量依然很大,煤炭业仍然属于“高危”行业。

②总体上,与我国煤矿事故高发省区相比,陕西煤矿安全生产情况较好,尤其是2000年以后,陕西煤矿百万吨死亡率低于全国平均水平,远低于事故多发的兄弟省区。全国50个煤矿安全重点县中仅有一个来自陕西,即陕西渭南的韩城市。具体特征上,陕西煤矿事故也存在地域、时间、煤矿类型、事故类型、伤亡等级等分布特征,个别具体特征与全国不完全类似,如陕西煤矿水害事故相对较少。研究认为,我国目前煤矿事故仍然频发、死亡人数众多,关注煤炭业安全生产意义重大。陕西煤炭业近十年来安全生产形势总体向好,但近两年有反弹趋势,因此强化安全生产,减少甚至杜绝煤矿事故,仍然是陕西煤炭业不容忽视的重大任务。

目 录

第一章 概论	1
第一节 研究背景分析	1
第二节 相关研究综述	3
一、煤炭业可持续发展相关研究	3
二、煤炭资源开发模式相关研究	6
三、现代化矿井评价相关研究	7
四、煤炭企业研发投入相关研究	8
五、煤炭企业安全生产相关研究	9
第三节 研究方法、研究内容与技术路线	12
一、研究方法	12
二、研究内容	12
三、技术路线	14
第二章 陕西煤炭资源分布与矿井建设条件	15
第一节 我国煤炭资源分布及开采条件分析	16
一、煤炭资源分布特点	16
二、煤炭资源品种特点	18
三、煤炭资源品质特点	23
四、煤炭资源开采条件	23
第二节 陕西煤炭资源分布特点	25
一、陕北侏罗纪煤田	25
二、陕北石炭二叠纪煤田	25
三、陕北三叠纪煤田	26
四、黄陇侏罗纪煤田	26

五、渭北石炭二叠纪煤田	26
六、陕南煤产地	27
第三节 陕西主要煤炭基地矿井建设条件	27
一、自然环境条件分析	27
二、资源赋存分析	28
三、开采条件分析	28
第四节 本章小结	29
第三章 陕西煤炭业及其资源开发模式的发展与演变	31
第一节 陕西煤炭业发展的历程及地位	31
一、陕西煤炭业发展历程	31
二、陕西煤炭业在陕西国民经济中的地位	34
三、陕西煤炭业在我国煤炭生产中的地位	36
第二节 “黄金十年”煤炭业取得的成就	38
一、我国煤炭业“黄金十年”及成就	38
二、陕西煤炭业在“黄金十年”中取得的成就	42
第三节 陕西煤炭开发模式演变与现状	50
一、1949—1990 年	50
二、“八五”期间	51
三、“九五”期间	52
四、“十五”期间	54
五、“十一五”期间	56
六、“十二五”前四年	59
第四节 本章小结	63
第四章 陕西煤炭资源开发模式综合评价	66
第一节 煤炭行业环境分析	66
一、国家能源政策分析	66
二、宏观与行业背景分析	68
三、煤炭企业经营情况分析	69
第二节 煤炭资源开发模式的发展趋势——基于对神华集团的 分析	70
一、煤炭生产布局与结构	71
二、开采现代化程度与效率	72

三、生态与环境保护	73
四、产业融合发展	73
五、安全生产	74
六、社会效益与经济效益	75
第三节 煤炭资源开发模式综合评价指标体系的设计	75
一、指导思想	75
二、评价指标选择的原则	76
三、评价指标选择的依据	77
四、评价指标体系的构成要素	79
第四节 陕西煤炭资源开发模式的评价	85
一、生产布局与结构	85
二、开采现代化程度与效率	87
三、生态与环境保护	89
四、产业融合发展	90
五、安全生产	91
六、经济与社会效益	92
第五节 本章小结	93
第五章 陕西现代化矿井评价与建设	96
第一节 现代化矿井评价应考虑的主要因素	96
一、矿井自然环境	96
二、矿井资源赋存情况	97
三、矿井开采条件	97
四、矿井生产与保障系统	97
五、矿井生产及营运效果	98
第二节 陕西现代化矿井评价指标及标准	99
一、生产与营运效果评价指标	100
二、生产与营运保障评价指标	103
三、现代化矿井评价指标体系及标准	109
第三节 陕西现代化矿井的建设模式	111
一、我国大型煤炭基地及其安全高效矿井建设现状	112
二、陕西现代化矿井建设	121
第四节 本章小结	128

第六章 陕西煤炭业的科技发展	135
第一节 我国煤炭业研发投入分析	135
一、煤炭业研发投入状况	135
二、与其他产业研发投入的比较分析	136
第二节 煤炭企业研发投入与经营绩效关系的实证分析	137
一、研发投入与经营绩效的关系——基于时间序列数据	138
二、研发投入与经营绩效的关系——基于截面数据	142
三、研究结论与启示	145
第三节 陕西煤炭业科技投入的统计与分析	146
一、陕西煤炭业研发投入与产出情况分析	146
二、陕西大型煤炭业企业研发投入状况分析	149
三、促进陕西煤炭业科技水平快速提升的政策建议	152
第四节 本章小结	154
第七章 陕西煤炭业安全生产	156
第一节 煤矿安全事故原因分析	156
第二节 我国煤矿事故特征与演变趋势	158
一、我国煤矿事故特征	158
二、我国煤矿事故演变趋势	159
第三节 陕西煤矿事故特征与演变趋势	162
一、总体特征与趋势	162
二、具体特征与趋势	163
第四节 提升陕西煤炭安全生产水平的政策建议	171
第五节 本章小结	172
第八章 研究结论与展望	173
第一节 研究结论	173
第二节 展望	177
后 记	179
参考文献	180
附 录 关于煤炭资源开发模式评价维度重要性程度的调研	193

第一章 概 论

第一节 研究背景分析

在我国，“文明”一词最早出现于《易经》，即“见龙在田，天下文明”。在现代汉语中，文明是指一种社会进步状态，与“野蛮”对立。英文中的文明（Civilization）一词源于拉丁文“Civis”，引申意义为“一种先进的社会和文化发展状态，以及到达这一状态的过程”。“生态”（Eco-）一词源于古希腊语，指家（House）或者我们的环境。简单地说，生态就是指一切生物的生存状态，以及它们之间及它们与环境之间环环相扣的关系。生态文明是由生态和文明两个概念组合构成，是人类为保护和建设美好生态环境而取得的物质成果、精神成果和制度成果的总和，是贯穿于经济建设、政治建设、文化建设、社会建设全过程和各方面的系统工程，反映了一个社会的文明进步状态^[1]。

十八大报告将生态文明建设放在与经济、政治、文化和社会建设同等重要的地位。2015年4月，中共中央与国务院共同发布了《关于加快推进生态文明建设的意见》（以下简称《意见》）^[1]。《意见》认为“生态文明建设是中国特色社会主义事业的重要内容，关系人民福祉，关乎民族未来，事关‘两个一百年’奋斗目标和中华民族伟大复兴中国梦的实现”“推进生态文明建设是加快转变经济发展方式、提高发展质量和效益的内在要求，是坚持以人为本、促进社会和谐の必然选择，是全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴中国梦的时代抉择，是积极应对气候变化、维护全球生态安全的重大举措”。《意见》要求以健全生态文明制度体系为重点，优化国土空间开发格局，

全面促进资源节约利用,加大自然生态系统和环境保护力度,大力推进绿色发展、循环发展、低碳发展^[1]。这为我国煤炭资源的开发与利用,指明了发展方向。

可持续发展(Sustainable Development)概念最先于1972年在斯德哥尔摩举行的联合国人类环境研讨会上得到正式讨论,1980年由世界自然保护联盟(IUCN)、联合国环境规划署(UNEP)、野生动物基金会(WWF)共同发表的《世界自然保护大纲》,明确提出了可持续发展这一概念^[2]。1987年世界环境与发展委员会(WCED)发表了报告《我们共同的未来》^[3],这份报告正式使用了可持续发展概念,并对该概念进行了定义,即“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。这一定义得到广泛的接受,并在1992年联合国环境与发展大会上取得共识。1994年我国政府编制了《中国21世纪人口、环境与发展白皮书》,首次把可持续发展战略纳入我国经济和社会发展的长远规划^[4]。1997年的中共“十五大”把可持续发展战略确定为我国“现代化建设中必须实施”的战略。2012年6月中国政府对外正式发布了《中华人民共和国可持续发展国家报告》(以下简称《报告》)^[5],《报告》客观分析了中国在可持续发展方面面临的挑战和存在的压力,明确提出了我国进一步推进可持续发展的总体思路,围绕可持续发展的三大支柱(经济发展、社会进步、生态环境保护),详尽阐述了在可持续发展各个领域所做的工作和取得的进展,等等。

我国“富煤、贫油、少气”的能源格局,决定了煤炭是支撑我国经济和社会发展的第一大主体能源,煤炭在我国一次能源消费中长期占70%上下。传统的煤炭资源开发与利用方式,造成了资源的严重浪费,也严重地破坏了生态环境。传统的煤炭开采与利用方式已对土地资源造成了破坏、对水资源造成了破坏和污染,产生的煤矸石也会引起自然及环境污染,排放的甲烷污染大气并产生温室效应,传统燃煤方式已产生了较严重的大气污染,等等^[6]。近些年来,我国煤炭业在可持续发展方面做出了相应贡献,《中华人民共和国可持续发展国家报告》对此进行了总结,即“努力加大煤炭洗选加工比例,减少煤炭运输和直接燃烧利用。鼓励利用中煤、泥煤和煤矸石发电。积极推进整体煤气化联合循环、超临界大型循环流化床、超临界发电机组等清洁发电示范工程建设,提高煤炭清洁发电比例。鼓励开发可工程化应用的催化剂系列产品,在世界上率先实现了煤炭直接液化项目的商业运行”^[6]。然而,当

前我国能源资源约束正日益加剧,生态环境问题依然突出,调整结构、提高能效和保障能源安全的压力进一步加大,能源发展面临一系列新问题和新的挑战。因此,在强调生态文明建设,以及经济新常态背景下,继续深化煤炭工业可持续发展战略,是我国未来发展的自身需要和必然选择。

“十二五”规划中,我国煤炭资源开发总体布局是“控制东部、稳定中部、发展西部”^[7]。陕西省煤炭资源丰富,是我国能源大省之一。从2009年起,陕西省原煤产量仅低于内蒙古自治区和山西省,一直稳居全国第三位。然而,陕西省主要煤炭产区生态环境脆弱,实现安全、节约与清洁发展任务艰巨,煤炭业可持续发展相关问题有待进一步深入研究。为此,本书将着力探讨陕西煤炭资源的开发模式,并对现有开发模式给予系统全面评价,揭示其优势与短板;探索性研究陕西现代化矿井评价体系与建设模式,探讨煤炭业研发投入及其绩效,以及陕西煤炭业的安全生产情况,以推动陕西煤炭资源生产革命,促进煤炭安全、绿色与高效开发,最终走上可持续发展轨道。

第二节 相关研究综述

一、煤炭业可持续发展相关研究

国际上,有关煤炭业发展方面的研究成果涉及美国、印度、澳大利亚、印度尼西亚、俄罗斯、南非与波兰等主要采煤国家。美国能源信息署(EIA)在《2012年能源展望》中揭示,归因于较低的天然气价格、煤炭价格的上升、电力需求增长乏力、新能源供应的增长,以及对温室气体减排的要求,美国近四年来煤炭产量不升反降(2011年约9.928亿t);但是,2015年以后随着电力需求的增长及天然气价格的上涨,美国煤炭产量将会每年上升1个百分点,直至2035年^[8]。而Mikael与Kjell(2009)的研究认为,21世纪美国煤炭产量最大值有望达到25亿t/年^[9]。Bhattacharyya(2010)、COSTA等人(2004)、Stephan Schmidt(2011)等的研究表明,尽管受温室气体排放的影响,但基于煤液化(CTL)及地下煤气化(UCG)等减排技术,印度、澳大利亚、南非等主要采煤大国的煤炭业仍然具有较为乐观的前景^[10-12]。Minchener与McMullan(2007)、Kavouridis与Koukouzas(2008)的研究认为,

世界煤炭消费正在递增并在 2030 年可能达到峰值 45 亿 t 油当量。为确保欧盟煤炭利用的可持续发展，碳捕捉和封存技术已被视为保证减少温室气体排放的重要技术^[13,14]。可见，由于温室气体限排，国外主要采煤大国煤炭业发展已受到了一定影响，但随着碳捕捉、碳运输和碳封存技术的成熟和运用，煤炭业的发展前景依然乐观。

比较而言，国内学界对煤炭业发展的相关研究则相对滞后，但成果丰硕。设定检索期间为 1949 年 1 月 1 日至 2015 年 6 月 30 日，检索中国知网（CNKI）总库平台，结果发现篇名含“可持续发展”与“能源”的文献达 1691 篇（见表 1-1），其中期刊论文共计 1034 篇（核心期刊及以上论文 225 篇），其次为报纸文章 504 篇，重要会议论文 86 篇，博硕士论文 66 篇，学术辑刊 1 篇。篇名含“可持续发展”与“煤”的文献达 297 篇（见表 1-1），其中期刊论文共计 133 篇（核心期刊及以上论文 34 篇），其次为报纸文章 130 篇，博硕士论文 17 篇，重要会议论文 14 篇，学术辑刊 3 篇。

表 1-1 煤矿事故相关文献统计

检索词	总库 (篇)	期刊论文（核 心期刊及以上） (篇)	博硕士论文 (篇)	重要会议 论文（篇）	报纸文章 (篇)	学术辑刊 (篇)
可持续发 展及能源	1691	1034 (225)	66	86	504	1
可持续发 展及煤	297	133 (34)	17	14	130	3
合计	1988	1167 (259)	83	100	634	4

注：核心期刊及以上论文包括 SCI，EI，CSSCI 源期刊及中文核心期刊论文。

时间分布上，篇名中含“可持续发展”与“能源”的论文最早发表于 1995 年（谢克昌，1995）^[15]，而篇名中含“可持续发展”与“煤”的学术论文最早发表于 1997 年（尹守仁，1997）^[16]。表 1-2 统计了这两类篇名核心及以上期刊论文的发表时间，从表中数据可以看出，绝大多数文献发表于 2000 年以后。这些文献主要探讨可持续发展战略、发展路径、评价体系与模型等方面问题。

表 1-2 核心期刊及以上论文发表时间统计

检索词	总数（篇）	1999 年及以前 （篇）	2000—2009 年 （篇）	2010 年以后 （篇）
可持续发展及能源	234	24	139	71
可持续发展及煤	34	5	16	13

有关我国能源工业可持续发展研究方面，周德群和汤建影（2001）探讨了能源工业可持续发展的内涵，认为其具体含义包括能源利用的可持续、环境可持续、经济可持续以及人口与社会可持续。设计了能源工业可持续发展的测度指标体系并进行了测度。结果显示，自 1985 年以来，我国能源工业发展水平与协调水平总体呈上升趋势，协调程度明显提高^[17]。国家发改委能源研究所课题组（2003）研究认为开发利用西部地区的能源资源，必须走可持续发展的道路，实施可持续发展的能源战略。并认为其核心是把西部地区的经济发展、生态环境保护、满足西部地区的能源需求以及为中东部地区提供能源供应四者统一起来^[18]。苗韧、周伏秋等（2013）基于我国能源系统特点，综合考虑经济社会、资源环境、技术进步、政策影响等因素，提出了针对能源可持续发展的情景分析和量化评价方法，其中量化评价模块含四层，即总体层（中国能源可持续发展指数）、系统层（安全、高效、经济、清洁、低碳与公平）、专题层（23 个指标）、要素层（132 个指标）。并对 2000—2020 年中国能源可持续发展的历程和趋势进行了评价，结果显示，2000—2010 年间中国能源可持续发展水平总体呈下降趋势。2010—2020 年是我国能源可持续发展的关键期，如不采取适当的发展战略，可能朝着不可持续的方向偏离；反之，能源可持续发展程度有望改善^[19]。

有关我国煤炭业可持续发展研究方面，魏同等人（1997）^[6]、张玉祥（1998）^[20]、李龙清（2006）^[21]等人分别建立了煤炭业可持续协调发展模型。其中，魏同和潘惠正等学者（1997）界定了煤炭业可持续发展的概念，并提出了由“煤炭业可持续发展、煤炭经济发展水平、社会发展水平、环境容量、资源承载程度、综合开发、洁净煤技术、清洁开采技术、环保措施、资源管理、团体及公众参与”等 11 个要素所构成的煤炭业可持续发展结构模型。构思了煤炭工业可持续发展系统工程框架，介绍了可持续发展系统评价体系和评价的方法步骤，并基于国有重点煤矿资料，测算了当时可持续发展程度

(综合评价值为 0.422, 属传统发展)^[6]。李克健和史士东 (2001) 研究认为, 用资源丰富的煤炭通过直接液化的方法来生产液体燃料, 是实现中国能源可持续发展的一项可行有效的技术途径^[22]。倪维斗和陈贞 (2010)、赵剑峰 (2011) 等人的研究认为, 通过煤炭的清洁转化, 将高碳能源转换为低碳能源, 实现能源、经济、环境协调发展, 将是 21 世纪我国能源发展的重要方向^[23,24]。

有关陕西煤炭业可持续发展方面, 冯勤科 (2008) 探索性地研究了陕北新型煤化工可持续发展思路, 研究认为针对陕北具体地域特点, 各种资源的开发利用要统筹考虑区域发展、经济社会发展、人与自然和谐发展, 最终要实现经济、资源、环境的协调发展和可持续发展^[25]。宋敏等人 (2009) 基于 AHP 方法对陕西能源产业可持续发展进行了评估, 结果发现, 陕西能源产业正朝着良好的方向发展, 但其可持续发展状况仍有待提高^[26]。王喜莲 (2010) 研究发现, 2001—2008 年间, 陕西煤炭业可持续发展 EERS 各子系统的发展水平不断提高, 可持续发展综合水平呈上升趋势, 工业发展过程是非持续性的, EERS 各子系统基本协调^[27]。袁晓玲等人 (2013) 研究发现, 陕西省八大工业主导产业中规模占比最大的能源化工业与装备制造业的效率最低, 是制约陕西转变经济发展方式的症结之一^[28]。

综上所述, 国内有关学者对我国煤炭业可持续发展相关问题进行了大量研究, 所形成的研究成果进一步丰富了相关理论内容, 为中央及地方政府有关煤炭业发展的政策制定, 提供了直接或间接的参考与借鉴。然而, 在国际上追求低碳、绿色与生态发展理念的当前, 国内有关学者的相关研究则稍显滞后。同时, 聚焦于区域煤炭业可持续发展战略的相关研究略显不足。

二、煤炭资源开发模式相关研究

在煤炭资源开发模式方面, 张东升等 (2000)^[29]探讨了高产高效矿井开采模式; 刘海滨与王立杰 (2004)^[30]研究了煤炭资源综合开布局与模式; 杨宏林、田立新等 (2007)^[31]构建了西部能源开采模型, 探究了能源最优开采模式和开采量。秦增刚 (2008)^[32]介绍了内蒙古煤炭资源节约与综合开发模式。刘海滨与郭正权 (2010)^[33]论证了实施高效、低污染燃煤发电技术、发展新型煤化工、实施碳捕捉技术等的重要性。潘克西等人 (2002)^[34]的研究发现, 我国煤炭产业市场集中度仍然偏低, 加强整合实现规模经济优势意义重大。耿海清等 (2010)^[35]探讨了煤炭资源富集区煤炭资源开发模式, 认