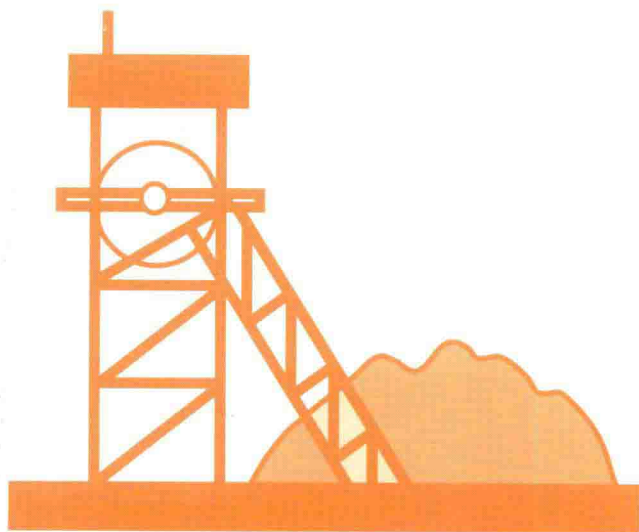


赵国浩 等著

A Study on the Theory and Policy for
Optimizing Allocation of Coal Resource

煤炭资源优化配置 理论与政策研究

(第二版)



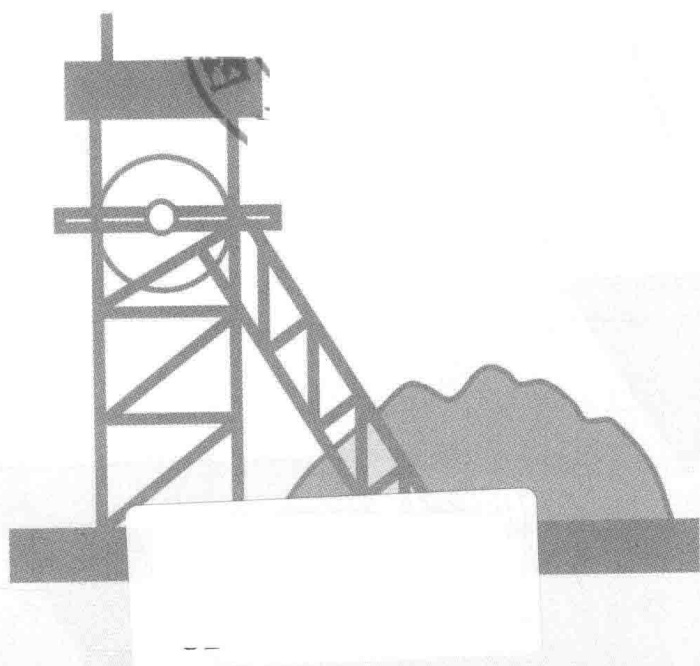
经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

赵国浩 等著

A Study on the Theroy and Policy for
Optimizating Allocation of Coal Resource

煤炭资源优化配置 理论与政策研究

(第二版)



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

煤炭资源优化配置理论与政策研究/赵国浩等著.
—2版.—北京:经济管理出版社,2017.2

ISBN 978-7-5096-4966-4

I. ①煤… II. ①赵… III. ①煤炭资源—资源配置—研究—中国 IV. ①F426.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 043550 号

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 11 层

电话:(010)51915602 邮编:100038

印刷:玉田县昊达印刷有限公司

经销:新华书店

组稿编辑:杜菲

责任编辑:杜菲

技术编辑:黄铄

责任校对:郭佳

720mm×1000mm/16

19 印张

340 千字

2017 年 2 月第 1 版

2017 年 2 月第 1 次印刷

定价:68.00 元

书号:ISBN 978-7-5096-4966-4

• 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

课题组成员

课题组组长：

赵国浩（教授、博导，山西财经大学管理科学与工程学院）

课题组成员：

郭淑芬（教授，山西财经大学管理科学与工程学院）

李 红（副教授，山西财经大学管理科学与工程学院）

苗敬毅（教授，山西财经大学管理科学与工程学院）

李 玮（副教授，太原理工大学文法学院）

杨国华（讲师，山西财经大学管理科学与工程学院）

闫新华（博士生，山西财经大学统计学院）

张华明（博士生，山西财经大学统计学院）

高文静（博士生，山西财经大学统计学院）

张 曦（讲师，山西财经大学管理科学与工程学院）

宋俊平（讲师，山西财经大学管理科学与工程学院）

李静娜（硕士生，山西财经大学管理科学与工程学院）

翟燕妮（硕士生，山西财经大学管理科学与工程学院）

王冬梅（硕士生，山西财经大学管理科学与工程学院）

胡雪棉（硕士生，山西财经大学管理科学与工程学院）

毛建功（硕士生，山西财经大学 MBA 教育学院）

张 文（硕士生，山西财经大学 MBA 教育学院）

前 言

能源是人类赖以生存繁衍、社会得以繁荣进步的重要物质基础，也是国民经济发展和人民生活水平提高的重要基础资源。中国是煤炭资源大国，煤炭的储量居世界第一，石油和天然气储量相对不足，这种“富煤，少气，贫油”的能源结构决定了煤炭资源在中国国民经济中占有重要的战略地位。2007年中国一次能源生产中，原煤的产量占76.6%；2008年占70.2%。煤炭资源作为中国能源安全的基石与支柱，在中国社会经济发展中发挥了巨大的作用。而且，伴随中国经济的增长，工业化和城镇化的快速发展，在今后很长一段时间内，这种局面不会有大的改变。

然而，在利用这些储量丰富的煤炭资源过程中，中国低利用率、低回采率的现象一直比较严重，与经济社会可持续发展的要求相悖。随着国民经济的持续快速增长，一方面会造成对能源需求的日益增加；另一方面则是煤炭资源作为自然界中一种有限、稀缺的可耗竭性资源，其不断的开采利用无疑会导致最终可采储量为零，从理论上讲无法实现可持续利用。因此，研究如何使煤炭资源尽可能延长可开采期，如何实现煤炭资源的优化配置，尽可能满足较长时期内人类经济社会发展的需要有着重要的意义。

煤炭资源优化配置问题是管理科学和经济学中的一类重要的最优化问题。目前，中国煤炭资源在实行有偿使用试点过程中，资源的配置方式仍然是以政府为主导的计划经济手段，如何在煤炭资源的配置中更大地发挥市场的作用，实现煤炭资源的最优化配置，是值得深入研究和探讨的重大问题。以煤炭资源优化配置为研究对象，对煤炭资源优化配置问题进行梳理并做定量分析研究，构建煤炭资源市场价值的定价机制，并将管理科学和系统科学的理论与方法应用到煤炭资源优化配置实践中，促进适合中国特色社会主义市场经济运行的煤炭资源合理开发利用长效管理机制的建立与完善，为建立资源节约型和环境友好型的和谐社会提供科学决策理论依据，充实和拓展管理科学和系统科学的理论方法与应用范畴，具有重要理论与方法创新性和实践价值。

本书是国家自然科学基金项目（编号70873079）、国家自然科学基金项目

(编号 70941022) 和山西省自然科学基金项目 (编号 2009011021-1) 阶段性成果之一。是以六个子项目研究报告为载体整理成章, 而依托项目发表的学术论文集合为附录。

第一章 煤炭资源需求预测模型研究。为了追求合理利用煤炭资源, 保证中国经济的健康发展, 煤炭资源需求的预测必不可少。近年来, 不同学者采用各种不同的技术方法对煤炭需求进行预测, 其研究成果具有一定的可借鉴性。人工神经网络是一门新兴的边缘科学, 在复杂系统的建模问题上表现出了它的优越性。作为人工神经网络的一种——BP 神经网络具有高速计算和学习的特性, 具有理论上逼近任意非线性连续函数的能力, 在信息不充分的条件下, 在预测等方面能取得很好的应用效果。本章阐述了 BP 神经网络的基本原理, 针对传统 BP 网络结构和算法的不足, 提出 BP 神经网络模型的改进方法, 给出基于 BP 神经网络的煤炭需求预测模型, 模拟出未来煤炭的需求量, 通过 MATLAB6.5 编程进行实证分析与检验。基于 BP 神经网络的煤炭需求预测, 为煤炭需求的研究提供了一种新的工具, 同时也为煤炭资源合理开发利用与优化配置提供了决策依据。

第二章 煤炭资源开采规模优化研究。实现资源节约、生产集约的可持续发展道路已成为中国社会经济可持续发展的一项重要战略任务。确定煤炭资源合理的开采规模、实现可持续开采和利用, 已经得到政府和学术界的广泛关注。本章在阐述相关理论的基础上, 首先从煤炭资源地区的开采规模出发, 运用无限策略博弈分析中的古诺寡头模型, 对开采规模决策进行博弈分析。煤炭企业从自身利益出发决定开采量的做法, 既不能使个体利益最大化也不能使整体利益最大化, 只有各企业相互联合起来以整体利益最大化作为开采规模决策依据, 效率才会更高, 这就是煤炭资源整合的政策导向。通过对煤炭资源开采规模影响因素如价格、开采率、成本、技术等及其相互关系的分析, 引入煤炭资源开采伴生的生态环境作为约束条件, 为煤炭资源合理开采规模研究奠定了一定的理论基础和依据; 利用线性规划模型对煤炭资源开采规模进行了模型构建与优化。其研究结论对煤炭资源的优化配置具有一定的理论依据和现实指导作用。

第三章 煤炭资源承载力评价及对策研究。随着国民经济的持续快速增长, 中国对煤炭资源需求日益增加, 传统的高度开采、高度排放、低度利用的能源开发利用模式不但造成了严重的煤炭资源浪费和环境破坏, 更难以满足经济发展的需求, 煤炭行业生存危机凸显。在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年 (2006~2010 年) 规划纲要》中, 明确提出把单位国内生

产总值能源消耗降低 20% 左右作为经济社会发展的主要目标之一,表明在节约型社会、和谐社会构建的进程中,节能减排已经成为社会经济建设中的一个重要主题。中国在经济快速增长、城镇化与工业化仍高速发展的阶段,走资源节约的道路,无疑成为中国亟待破解的一个焦点问题。本章以可持续发展为指导思想,以资源承载力理论为基础,提出煤炭资源承载力的概念和内涵,分析中国煤炭资源开采和利用的现状;采用理论和实践相结合及定性和定量相结合的方法,建立煤炭资源承载力的评价指标体系以及评价方法,构建煤炭资源承载力的计算模型,对煤炭资源承载力评价进行实证分析,提出提升中国煤炭资源承载力的对策和建议,对于中国煤炭资源的可持续发展具有较好的指导作用。

第四章 煤炭资源综合利用系统建模及对策研究。长期以来,中国对煤炭资源的过度开发及不合理利用使得许多矿区面临各种生态退化、环境污染问题,严重阻碍了社会经济的发展。推进节能减排、高效利用煤炭资源,主要问题在于能否实现煤炭资源的综合利用。把煤炭资源的综合利用作为一项系统工程,运用系统分析方法对煤炭资源综合利用加以剖析研究,以便更合理地利用煤炭资源,有效改善矿区生态环境状况,促进煤炭工业可持续发展。本章阐述了煤炭资源综合利用的现状以及存在的问题,运用系统分析方法,建立了煤炭资源综合利用系统模型,为预测、检验和评价煤炭资源综合利用的效益提供了一个工具,对矿区构建煤炭资源综合利用循环经济系统具有重要的理论意义和实用价值。同时以山西省煤炭资源综合利用为研究案例,从资源管理的角度与构建煤炭产业链视角出发,提出完善煤炭资源综合利用的技术方法,以促进煤炭企业循环经济发展或拓宽与煤炭相关联的产品链,这将有利于实现煤炭资源的综合利用及煤炭矿区的可持续发展,进而提出山西省煤炭资源综合利用的对策建议,促进煤炭工业可持续发展。其研究成果对山西乃至全国煤炭资源实现综合利用以及煤炭矿区的可持续发展具有重要意义。

第五章 基于可持续发展的山西煤炭企业发展模式研究。在未来相当长的时期内,中国的煤炭资源生产及消费格局不会有太大变化,仍将保持以煤为主的能源结构。但煤炭企业传统的粗放开采和低效利用发展模式造成了严重的煤炭资源浪费和生态环境破坏,照此模式将难以满足经济社会持续发展的需求。山西是煤炭资源蕴藏大省和煤炭资源开发大省,同时也是中国最重要的煤炭生产基地,2007 年山西煤炭产量为 6.3 亿吨,约占全国总产量的 25%,调出量占全国各省调出总量的 75%。研究山西煤炭企业的可持续发展模式有着重要的战略意义。本章依据可持续发展的相关理论,采取企业微观运作与政府宏观

政策相结合的方法,从分析山西煤炭企业发展现状和煤炭资源开发利用的现状入手,着重研究两个内容。第一是煤炭企业可持续发展的战略定位,首先分析山西煤炭企业可持续发展的必要性,再通过分析研究《山西省煤炭工业“十一五”发展规划》等发展规划探索指导煤炭企业科学发展的指导思想,明确山西煤炭企业走可持续发展道路的战略定位。第二是基于可持续发展的煤炭企业合理开发与利用煤炭资源的运作模式。从循环经济发展模式和煤炭资源综合利用模式的角度探讨煤炭企业走可持续发展道路的技术和实践路径;提出煤炭企业可持续发展的政策建议。煤炭企业应在提升采煤技术、加大资源整合、发展循环经济等方面综合构建可持续发展之路,政府应在政策指导、试点研究、对外交流等方面加速推进煤炭企业可持续发展,其研究成果对山西省煤炭企业实现可持续发展提供有益借鉴。

第六章 山西省煤炭运销集团竞争力研究。山西省煤炭运销集团作为山西省煤炭流通领域的大型企业集团,它的发展不仅关系着企业进一步做大做强的问题,关系着全省乃至全国众多煤炭产、运、销、需企业的切身利益问题,关系着山西煤炭工业的整体利益和山西新型能源和工业基地建设的大局,甚至关系到国家的能源安全战略。对山西省煤炭运销集团竞争力进行研究具有非常重要的现实意义。本章运用企业竞争力的概念及其相关理论,对山西省煤炭运销集团的竞争力现状及存在问题进行剖析,通过对山西省煤炭运销集团竞争力内部间接来源及外部来源等因素进行较深入的分析,提出了培育夯实核心业务、推动资源整合、推进组织变革、促进企业文化建设、加强战略合作等对策建议,对山西省煤炭运销集团竞争力提升具有一定的借鉴和指导意义。

附录精选了几篇反映课题组成员围绕课题研究成果在学术期刊上发表的学术论文。

本书基于课题研究阶段性成果尚未形成完整体系,研究内容也是涉及课题研究内容的部分子课题,尽管研究深度不够,但对课题研究成果有相当部分的涉及,进一步深入研究成果将在其后续著作中奉献给读者。

本书所用数据资料,除了几年来课题组成员研究成果外,还引用了公开出版物(见参考文献),这里特向有关作者表示致谢。课题组成员自知学识有限,书中难免有不足之处,恳请广大同仁不吝赐教。

目 录

第一章 煤炭资源需求预测模型研究	1
一、绪论	1
二、BP 神经网络的一般原理及改进	11
三、煤炭资源需求分析	26
四、基于 MATLAB 的 BP 神经网络煤炭需求预测模型	39
五、本章小结	64
第二章 煤炭资源开采规模优化研究	65
一、绪论	65
二、煤炭资源管理相关理论综述	71
三、煤炭资源开采的效应分析	78
四、地区煤炭资源开采规模的博弈分析	85
五、煤炭资源开采规模的影响因素分析	89
六、煤炭资源开采规模优化模型	93
七、煤炭资源可持续开采利用对策建议	100
八、本章小结	104
第三章 煤炭资源承载力评价及对策研究	106
一、绪论	106
二、煤炭资源承载力及其理论基础	110
三、中国煤炭资源开采利用现状与存在的问题	120
四、煤炭资源承载力评价指标体系	124
五、提升煤炭资源承载力的对策和建议	139
六、本章小结	144
第四章 煤炭资源综合利用系统建模及对策研究	146

一、绪论	146
二、煤炭资源综合利用现状分析	153
三、煤炭资源综合利用系统分析	162
四、山西省煤炭资源综合利用对策研究	173
五、本章小结	182
第五章 基于可持续发展的山西煤炭企业发展模式研究	183
一、绪论	183
二、可持续发展理论综述	184
三、山西煤炭企业发展现状分析	189
四、山西煤炭企业走可持续发展道路的战略定位	194
五、山西煤炭企业可持续发展模式构建	201
六、山西煤炭企业走可持续发展道路的政策建议	209
七、本章小结	214
第六章 山西省煤炭运销集团竞争力研究	215
一、绪论	215
二、企业竞争力及相关理论	216
三、山西省煤炭运销集团竞争力现状分析	220
四、山西省煤炭运销集团企业竞争力培育对策	237
五、本章小结	242
附录	244
附录 1 煤炭资源综合开发利用对策研究	244
附录 2 基于可持续发展煤炭工业发展对策研究	251
附录 3 变权组合预测模型在中国煤炭需求预测中的应用	256
附录 4 煤炭资源资产化管理研究	263
附录 5 A Study on Developing Route of Energy and Environment in China	271
参考文献	281
后记	292

第一章 煤炭资源需求预测模型研究

一、绪 论

(一) 中国煤炭资源概述

煤炭是世界上储量最多、分布最广的常规能源。20 世纪 90 年代以来,世界煤炭产量在 44 亿~48 亿吨之间,在世界一次性能源生产和消费总量中约占 30%,是世界经济发展的重要动力支柱。中国是煤炭消费大国,煤炭在中国一次能源消费中的比例高达 75%以上,高于全球平均水平的 1 倍以上。根据 BP 能源数据整理,2006 年全球煤炭探明储量排名如表 1-1 所示,美国以 2466 亿吨储量稳居第一,俄罗斯以 1570 亿吨储量列第 2 位,中国和印度分别为 1145 亿吨和 924 亿吨,分别位居第 3 和第 4。作为煤炭资源大国,中国理应把煤炭作为主要的能源之一,以保证国家的能源安全。但是,煤炭资源是有限的一次能源,而且,在现有技术和经济条件下,大量使用煤炭已使中国环境遭受严重污染,因此,从国家能源战略角度考虑,如何使用煤炭资源,怎样促进能源消费结构合理化,是一个重要问题。

表 1-1 2006 年全球煤炭探明储量排行榜

排名	国家	探明储量 (百万吨)	所占份额 (%)	储采比 (R/P)
1	美国	246643	27.1	234
2	俄罗斯	157010	17.3	>500
3	中国	114500	12.6	48
4	印度	92445	10.2	207
5	澳大利亚	78500	8.6	210

续表

排名	国家	探明储量 (百万吨)	所占份额 (%)	储采比 (R/P)
6	南非	48750	5.4	190
7	乌克兰	34153	3.8	424
8	哈萨克斯坦	31279	3.4	325
9	波兰	14000	1.5	90
10	巴西	10113	1.1	>500

资料来源：国际能源网。

煤炭资源支撑着我国国民经济的发展，是国家经济发展的命脉。自进入 20 世纪 80 年代末期我国国民经济高速增长以来，煤炭在一次能源消费中的比重一直在 2/3 以上。80% 以上的煤炭消费用于国民经济的主体——生产建设。因此可以说，煤炭产业支撑着国民经济的高速发展。煤炭作为中国的基础能源，在中国经济与社会发展中起着重要的作用。随着国民经济的逐步提升，中国能源消费总量也在逐年增加，从 1990 年的 987.03Mtce^① 增加到 2006 年的 2446.82Mtce，年均增长 6.42%。其中煤炭消费总量从 752.12Mtce 增至 1627.14Mtce，年均增长 20.07%。图 1-1 显示了 1990 年以来中国煤炭消费量占能源消费量比重的情况。

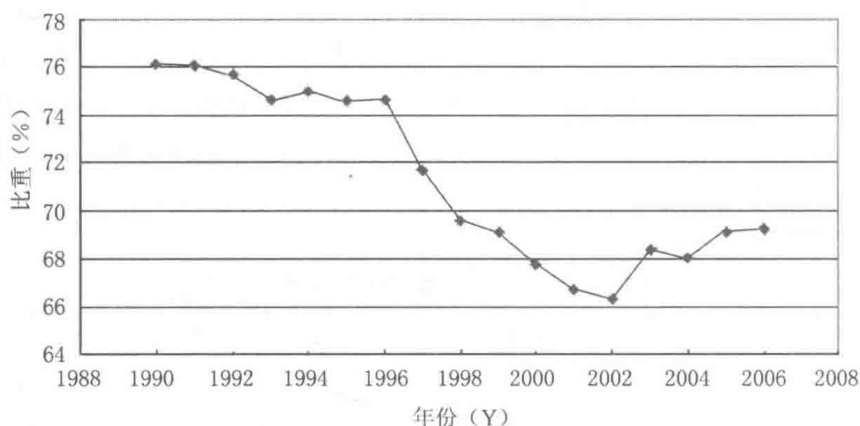


图 1-1 煤炭消费量占能源消费量的比重

① Mtce: 百万吨煤当量或百万吨标煤。

在我国境内,煤炭资源丰富,品种齐全,分布范围广。除上海市外,在其他 30 个省(区、市)都有探明储量。储量超过 1000 亿吨的为晋(占 27%)、蒙(占 21%)、陕(占 16%)三省(区),约占总保有储量的 64%。储量在 100 亿~1000 亿吨的省(区)依次为新、黔、宁、皖、滇、豫、黑、鲁、冀。上述 12 省(区)占全国保有储量的 95%。

受资源储备与传统能源结构的限制,煤炭历来是中国最主要的能源之一,煤炭产量超过了世界总产量的 1/3。自 1990 年以来,我国煤炭产量一直居世界首位,2006 年煤炭产量达 23.8 亿吨。新中国成立以来,煤炭在一次能源生产结构中一直占 70%以上。进入 21 世纪,中国煤炭消费需求大幅度增长,煤炭产量以年均近 2.0 亿吨的速度增长^①,煤炭在能源生产和消费结构中的比例有了新的提高。

中国以煤炭为主的能源资源结构决定了国民经济和社会发展现状。在可以预见的未来,煤炭仍将是中国的主体能源。煤炭资源对于中国社会经济持续快速发展至关重要。要合理利用煤炭资源,保证中国国民经济的健康发展,煤炭需求的预测是不可缺少的。

(二) 能源及煤炭需求预测研究背景及意义

能源是人类赖以生存、社会得以进步的重要物质基础,同时也是国民经济发展和人民生活水平提高的重要物质基础。技术越进步,社会越发展,经济越发达,人类对能源的需求就越大,对能源的依赖就越强。

中国是一个发展中国家,长期以来社会经济保持着持续、稳定、快速的发展。对能源的需求也在不断增加。煤炭是中国的主要能源,在国民经济中占有重要的战略地位,在未来相当长的时间内,煤炭依然是中国的主要能源资源。新中国成立 60 多年来,煤炭在一次能源生产和消费结构中一直占 70%左右,为实现中国经济持续快速发展提供了保障。目前,中国正处在重化工业阶段,国民经济进入了高速发展期,国内能源需求将在一个较长时期内保持快速增长势头。预测能源未来需求有积极意义。

从国际上看,尽管随着石油、天然气和水电等清洁能源消费的快速增长,煤炭在能源生产和消费结构中所占比例将有所下降,但中国煤炭资源丰富,石油和天然气资源相对匮乏且开发利用较晚,对煤炭的需求可能仍将占较大比例。从国内看,尽管石油、天然气、水电和新能源需求和消费会迅速增加,但

^① 中国矿业网 (www.chinamining.com.cn)。

预计未来煤炭在中国能源消费结构中仍将占据第一。根据国家能源中长期规划,21 世纪头 20 年煤炭在我国能源结构中的主体地位不会改变,估计 2020 年依然会占到 60% 以上^①,具有不可替代性。煤炭是不可再生资源,开发必须以既满足当代人的需要,又不损害后代人利益为基本原则,煤炭资源的可持续供应,对全国经济社会长期稳定、健康发展都有举足轻重的影响。

但是,煤炭资源是不可再生的,目前中国煤炭资源现状不容乐观,可以说处于“总量大,可采量少,采出量更少”的尴尬局面。同时中国煤炭能源的发展历经着“供不应求—政策放松—无计划生产—政策限制—供不应求……”的怪圈。长期以来,由于缺乏科学的规划,供需失衡的矛盾一直影响着煤炭工业和国民经济的健康发展。要想充分合理地利用煤炭资源,保证中国或某一地区的经济快速、健康地发展,就必须准确预测其煤炭需求量,以保持煤炭的供需基本平衡。

近些年来,国内一些专家和研究单位曾采用不同的方法对中国的煤炭需求做过大量研究工作,但由于采用的方法和所取的基础数据不同,预测结果差异较大,且预测精度不高。在关于煤炭需求预测的方法选择上,也仍然存在着一一定的不足,需要寻找更准确、更科学、更有效的预测方法。

本章在对中国煤炭现状进行分析的基础上,对目前应用较广的 BP 神经网络预测方法进行改进和优化,并据此分析和界定影响煤炭需求的经济因素,建立煤炭需求的预测模型,对中国未来煤炭需求进行预测。

对中国煤炭资源的需求进行分析及预测,不仅有利于煤炭资源供需矛盾问题的解决,保障国民经济的可持续稳定发展,更有利于保障中国能源的战略安全,具有重大的经济、社会价值。

(三) 能源及煤炭需求预测国内外的研究现状

在中国,煤炭资源相对于石油和天然气更丰富,自然资源禀赋的这种特点,决定了中国以煤炭为主的能源消费结构。这种能源消费结构与世界主流是不对称的。半个多世纪以来,世界大多数国家已完成以煤炭为主的消费模式向石油的转化,现在正朝着石油向更优质的天然气,乃至新能源的时代迈进。1950 年煤炭在世界一次能源消费结构中占 75.7%,1970 年下降到 30.5%,出于这个原因,国际上直接对煤炭需求研究的文献不多。但可以借鉴对能源需求预测的研究来探讨煤炭需求预测。

^① 《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006~2020 年)》,《国务院公报》,2006 年 9 月。

国外真正对能源问题进行系统研究,始于20世纪70年代。70年代石油危机后,因机械工业的迅速发展,能源紧缺才日益表现出来,能源在经济系统中的重要作用才被充分关注。国内有关能源消费的理论研究,比国外起步晚了10年左右,始于20世纪80年代。能源需求预测在实际应用中有多多种方法,比较常用的有以下几种:

1. 弹性系数法

弹性系数法是根据国内生产总值增长速度与能源消费增长之间的关系来预测能源消费总量。

2. 回归模型法

建立的回归模型,有一元、二元和多元回归模型。

3. 投入产出法

投入产出法是20世纪30年代提出的经济数量分析方法。其主要内容是编制棋盘式的投入产出表和建立相应的线性代数方程体系,构成一个模拟现实的国民经济结构和社会产品再生产的经济数学模型,综合分析和确定国民经济各部门间错综复杂的联系和再生产的重要比例关系。

4. 灰色预测模型法

灰色预测模型的概念是中国学者邓聚龙教授于1982年首先提出的,并建立了灰色系统理论。

5. BP神经网络预测法

BP神经网络是目前发展的一种神经网络。它由输入、输出以及一个或多个隐层组成。有关理论已经证明了任何一个非线性映射都可以用一个三层前向网络很好的逼近。

6. MedPro 终端能源需求模型法

MedPro 终端能源需求模型是由法国专家开发的,它是在 MEDEE 能源需求模型的基础上开发的,在计算机窗口方式下使用的。

7. 分部门能源消费需求预测模型法

该模型是为了直接预测在一定经济发展速度以及一定技术进步条件下的能源需求量而建立的。

国外一些学者还做了关于煤炭等能源方面的其他研究。Seung-Hoon Yoo 利用时间序列建模技术研究了韩国煤炭消费和经济增长之间的因果关系,结果发现煤炭消费与经济增长之间存在双向因果关系。Kulshreshtha 和 Parikh 利用向量自回归模型研究了印度四个主要耗能部门煤炭需求与价格和收入变量之间的关系。此外还有一部分文献研究了原油需求或其他能源,如汽油需求与价

格之间的关系,其中 Cooper 在 Nerlove 部分调整模型的基础上建立了一个多元回归模型,利用该模型对 23 个国家原油需求的短期和长期价格弹性进行了估计, Baltagi 和 Griffin 研究了 OECD 国家的汽油需求, Garbacz 研究了中国台湾地区的汽油需求。较早时期 Ramanathan 对印度的研究, Bentzen 对丹麦的研究, Eltony 和 Al-Mutairi 对科威特的研究,以及近年来 Denisard 和 Rodrigo 对巴西的研究都证实汽油需求与宏观经济变量之间存在长期协整关系。

国内学者对煤炭资源相关问题做了研究,取得了较为丰富的成果。郭云涛分析了中国煤炭消费状况、变化特点和当前煤炭需求增长速度迅猛、供应紧张的原因,用能源消费弹性系数法和主要耗能部门测算法预测了国内煤炭需求,并对全国现有和在建煤矿供应能力做了调查分析。李世祥等人建立了中国煤炭需求函数回归模型,并对煤炭需求进行了预测。王立杰选取对煤炭生产消费有直接影响的指标为变量,运用灰色理论,建立煤炭需求量的灰色预测模型。宁云将复合小波神经网络用于煤炭需求预测。李德波、叶旭东等人采用分部门能源消费需求预测法对 2010 年和 2020 年的全国煤炭需求进行了预测。

煤炭需求预测的方法还有季节性(周期)变化法、情景分析法、组合预测法以及系统动力学法等。

综上所述,目前国内外学者对煤炭需求预测已经进行了较深入的研究,对本章有很大的启示与帮助。本章在前人的理论基础上,基于 BP 神经网络在经济学领域中应用的启发,希望从数学、经济学的角度建立预测模型,从而预测煤炭需求。

(四) 人工神经网络的发展及研究现状

神经网络的研究始于 20 世纪 40 年代初,至今已有半个多世纪的历史。早在 20 世纪初,人们就已经发现人脑的工作方式与现在的计算机是不同的。人脑是由大量基本单元(称为神经元)经过复杂的相互连接而形成的一种高度复杂的、非线性的、并行处理的信息处理系统。

人工神经网络方法是建立在现代神经科学研究成果基础上的一种抽象的数学模型,它反映了大脑功能的若干基本特征,但并非逼真的描写,只是某种简化、抽象和模拟。人工神经网络的基本思想就是从仿生学角度模拟人脑神经系统的运作方式,使机器具有人脑那样的感知、学习和推理能力。它将控制系统看成是由输入到输出的一个映射特性,从而完成对系统的建模和控制,它使模型和控制的观念更加一般化。人工神经网络是借鉴人脑的结构和特点,通过大量简单处理单元(神经元或节点)互连组成的大规模并行分布式信息处理和非