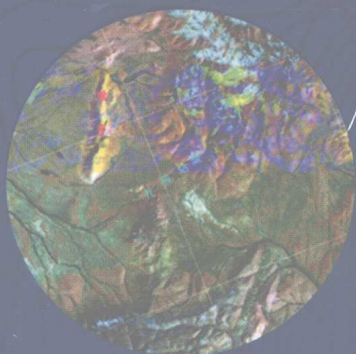
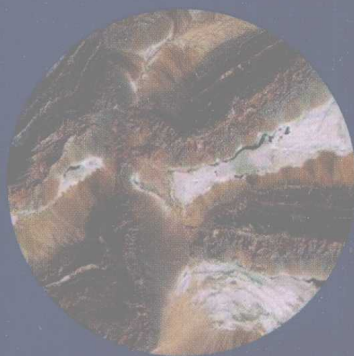




中国煤炭资源 遥感调查评价理论与技术

徐水师 谭克龙 曹代勇 王 佟 编著



科学出版社
www.sciencep.com

中国煤炭资源遥感调查 评价理论与技术

徐水师 谭克龙 编著
曹代勇 王 佟

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书详细地分析了煤炭资源调查评价中遥感应用的特点,提出了煤炭资源调查遥感探测模式、工作流程和技术方法体系,分别以西北干旱和高寒区、西南山区、华北新生界覆盖区的煤储层特征的遥感解译为实例,全面、系统地介绍了中国煤炭资源调查评价中遥感技术应用成果与主要进展。

本书可供从事矿产地质勘查、煤炭资源评价与管理、遥感、地理、矿业、环境等学科领域的科研人员、大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国煤炭资源遥感调查评价理论与技术/徐水师等编著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-022642-6

I. 中… II. 徐… III. 遥感技术-应用-煤炭资源-资源调查-中国 IV. F426.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 113548 号

责任编辑:罗 吉 王日臣 / 责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 1 月第一次印刷 印张:24 3/4 插页:6

印数:1-2 500 字数:562 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

编辑委员会

主 任	徐水师			
副主任	张文若	王 佟	谭克龙	曹代勇
成 员	谢志清	康高峰	孙顺新	冯富成
	毛耀保	吕录仕	鲍桂宝	

编写成员

徐水师	谭克龙	曹代勇	王 佟	孙顺新
吕录仕	鲍桂宝	林 亮	毛耀保	谢志清
王 永	冯富成	高晓梅	苟少明	周日平
徐楼英				

序

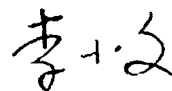
煤炭地质领域是我国遥感技术应用较早的部门之一。早在 20 世纪中期,航空摄影就用于煤田地质填图的地形制图工作,经过半个世纪的实践,煤炭遥感技术应用取得了长足的进展。遥感平台从早期的机载走向星载、平流层和低空多平台;数据源从全色像片发展为多光谱、高光谱、高空间分辨率、合成孔径雷达(SAR),多极化与干涉 SAR;应用范围从地形制图发展为普查找矿、地质填图、水工环评价、灾害调查和土地利用监测、能源勘查、国土资源管理、工程建设、城市规划行业等领域。

该书作者长期工作在我国煤炭地质和煤炭遥感技术应用的第一线。他们以中国煤炭地质总局航测遥感局近 20 年来完成的数十项遥感地质调查项目为基础,系统地总结了应用遥感技术进行煤炭资源调查评价的理论与技术方法;介绍了中国煤炭资源调查评价中遥感技术应用的成果与主要进展;并指出了进一步提高遥感技术应用于煤炭资源调查评价工作效果的一些关键问题,尤其是在中国东部地质工作程度较高、植被和新生界覆盖较多的隐伏和半隐伏地区。

与当前已经出版的遥感地质调查类的书籍比较,该书强调煤炭资源遥感调查既有固体矿产遥感调查的共性,又注重煤炭资源遥感调查的特性。作者提出了煤炭资源调查遥感技术应用综合分类系统,据此讨论了我国五大赋煤区煤炭资源遥感调查条件,建立了煤炭资源调查遥感探测模式、工作流程和技术方法体系。该书是国内外第一本有关煤炭资源遥感地质调查的学术专著,具有综合性与前瞻性。

该书的出版,弥补了缺乏煤炭资源遥感调查方面研究成果公开出版物之不足。相信对促进我国遥感基础研究与应用基础研究为资源勘查开发科技进步服务、推动各行业遥感应用的深入发展能够起到积极作用;同时,也为我国遥感产业化,以及展示遥感技术应用领域提供了丰富的实际资料。

中国科学院院士



2008 年 11 月

前 言

煤炭是我国的基础能源，在我国能源保障体系中处于不可替代的地位。我国煤炭资源总量大、地理分布广泛、煤种齐全，为煤炭资源洁净利用提供了良好的基础。我国东部地区是煤炭需求量最大的经济区带，其地质研究程度高、煤炭开发强度大、后备资源短缺。经过数十年勘查开发，该区露天和浅部煤炭资源基本上均已动用，勘查重点转向巨厚新生界覆盖区、推覆体下、老矿区深部等区块，勘查难度增大，常规勘查方法和勘查技术已难以满足要求。我国西部地区煤炭资源丰富，仅新疆、内蒙古、陕西、山西就集中了全国煤炭资源总量的 80% 以上。煤炭开发重点西移是我国煤炭工业发展的必然趋势。但是，西部地区经济发展相对滞后、基础设施差、交通不便、自然条件恶劣、地质研究和矿产勘查程度低，采用常规资源调查和勘查方法成本高、效率低，不能适应西部煤炭资源开发的要求。

遥感技术以其视域广、效率高、成本低、综合性强以及多层次性、多时相性、多波段性等特点，成为地质矿产调查评价的重要技术手段。随着遥感传感器种类的增多、遥感图像分辨率的提高以及遥感数据处理和信息提取技术的发展，遥感技术的应用前景日趋广阔。

煤层和煤系是富含有机质的层状地质体，具有特定的光谱特征和遥感图像识别标志，从而为遥感找煤提供了依据。数十年来，煤炭资源调查遥感技术应用已有不少成功的实例。然而，迄今为止，国内外尚无一本专著介绍此方面的工作成果、总结煤炭资源调查遥感技术应用的工作思路和工作方法。

煤炭地质领域是我国遥感技术应用较早的部门之一。早在 20 世纪 50 年代中期，航空可见光黑白摄影就用于煤田地质填图的地形制图工作。经过半个世纪的实践，煤炭资源遥感技术应用取得了长足的进展：遥感平台从早期的航空遥感走向高空、中空、低空多平台遥感，数据源从全色像片发展为多光谱遥感、高光谱遥感和微波遥感，应用范围从地形制图发展为找煤普查、煤田地质填图、水工环评价等煤炭行业的广阔领域。因此，全面总结我国煤炭资源调查遥感技术应用研究成果的时机已经成熟。

本书以中国煤炭地质总局航测遥感局近二十年来完成的数十项遥感地质调查项目为基础，系统地介绍中国煤炭资源调查评价中遥感技术应用成果与主要进展。作者强调，遥感技术应用于煤炭资源调查评价工作的效果取决于地质、地理和人类活动三大因素，即不同的遥感技术应用类型和中国煤炭资源地域分布的广泛性导致不同地区遥感找煤方法的差异。在中国西部广大地区，煤层煤系出露较好、地质工作程度低、人

类活动干扰少,遥感解译可直接以寻找煤层煤系为目标,通过大范围中小比例尺遥感地质调查,选择赋煤有利区段,开展较大比例尺的遥感地质填图或地表地质填图,结合常规地质手段,经济、高效地发现煤炭资源。而在中国东部地质工作程度较高、植被和新生界覆盖较多的隐伏和半隐伏地区,遥感技术应用则应以查明控煤构造、间接找煤为目标,同时重视与物探、钻探等多元地学信息的综合。

上述研究思路和工作方法近年来已经在我国煤炭资源遥感地质调查项目中得到实践应用,为中国东部深化科技找煤、中国西部加快生态和环保煤炭资源调查评价工作提供了行之有效的高新技术手段,对促进我国煤炭资源勘查开发科技进步、推动煤炭行业遥感应用的深入发展起到积极作用;同时,也为我国遥感产业化以及展示遥感技术应用领域提供了丰富的实际资料。

本书全面、系统地介绍了中国煤炭资源调查评价中遥感技术应用成果与主要进展。与当前已经出版的煤炭资源调查类和遥感地质调查类的书籍比较,本书强调煤炭资源遥感调查既要注意固体矿产遥感调查的共性,又应注重煤炭资源遥感调查的特性。

全书共6章,第1章和第2章详细分析煤炭资源调查评价中遥感应用的特点,综合考虑煤系赋存地质条件、自然地理条件和人类活动三大类因素,提出煤炭资源调查遥感技术应用综合分类系统,据此讨论我国五大赋煤区煤炭资源遥感调查条件;在总结煤系及相关地质体的波谱特征和遥感解译标志的基础上,提出煤炭资源调查遥感探测模式、工作流程和技术方法体系。

第3章、第4章和第5章分别介绍西北干旱和高寒区、西南山区、华北新生界覆盖区的研究成果。根据各区遥感技术应用条件,分别选取具有代表性的调查区,从遥感数据源选择、数据处理方法、地质解译标志和原则、工作流程等方面,系统地介绍针对不同任务的煤炭资源遥感地质调查的研究思路和工作方法以及遥感找煤成果。

煤层气作为广义的煤炭资源和洁净能源,近年来受到国内外的广泛关注,遥感技术用于煤层气调查评价是一项有益的探索。本书第6章介绍我国沁水盆地煤层气资源评价中的遥感应用成果,阐述煤储层特征的遥感解译以及煤层气有利区块的遥感选取预测方法,讨论遥感技术用于煤层气资源评价的可能性和实施途径。

本书由徐水师教授总体策划并制定编写大纲。全书由徐水师、谭克龙、曹代勇和王佟整编、统稿、定稿,谢志清、毛耀保校核,高晓梅、苟少明、周日平、徐楼英绘制插图。各章撰写分工如下:前言,徐水师;第1章,曹代勇、林亮、王佟、谭克龙;第2章,曹代勇、谭克龙、林亮;第3章,谭克龙、吕录仕、王佟;第4章,徐水师、孙顺新、谢志清;第5章,谭克龙、鲍桂宝、吕录仕、王永;第6章,谭克龙、毛耀保、谢志清。

在本书出版之际,谨向长期支持我们研究工作的国家发展与改革委员会、国土资源部、原煤炭工业部、中国煤炭地质总局及新疆、青海、四川、云南、陕西、宁夏、山西、山东、安徽煤田地质局和中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院、中国煤

炭地质总局航测遥感局的领导及专家，以及对本书的出版给予指导和帮助的陈述彭院士、韩德馨院士、范维唐院士、张国伟院士、彭苏萍院士、王桂梁、张大顺、郑世书、管海晏、宋理、张廷安、李笃行、蒋昭、刘登桃等表示衷心感谢。书中不当之处在所难免，诚望读者指正。

作 者

2008 年 8 月

目 录

序

前言

第 1 章 煤炭资源调查评价遥感应用概述	1
1.1 中国煤炭资源分布特征	1
1.1.1 中国煤炭资源概况	1
1.1.2 中国聚煤作用基本特征	3
1.1.3 赋煤区划	6
1.2 煤炭资源调查评价中遥感应用的特点	12
1.2.1 决定遥感技术应用效果的主要因素	12
1.2.2 煤炭资源调查评价中遥感技术应用类型划分	19
1.2.3 煤炭资源潜力评价中遥感技术的应用	20
1.2.4 五大赋煤区遥感技术应用条件概述	21
1.3 中国煤炭资源调查评价遥感应用历程	26
1.3.1 初创阶段	27
1.3.2 成熟阶段	28
1.3.3 深入发展阶段	31
1.4 煤炭地质遥感的研究热点与发展方向	33
1.4.1 应用现状与研究热点	33
1.4.2 发展方向与前景展望	36
第 2 章 煤炭资源遥感调查评价的理论基础与方法体系	43
2.1 煤系及相关地质体的光谱特征	43
2.1.1 地质体光谱特征研究的目的	43
2.1.2 岩石的光谱特征	43
2.1.3 煤系主要岩石类型的光谱特征	47
2.1.4 煤层的光谱特征	53
2.2 煤炭资源调查评价的遥感解译标志	54
2.2.1 解译要素与解译标志	54
2.2.2 煤矿床遥感解译的可能性分析	57
2.2.3 与煤炭资源遥感调查相关的解译标志	58

2.2.4 其他间接解译标志	66
2.3 煤炭资源调查评价遥感应用的思路与工作程序	68
2.3.1 遥感技术应用的目的和基本原则	68
2.3.2 遥感技术应用的工作程序划分	69
2.3.3 煤炭资源遥感地质调查工作程序	70
2.4 遥感技术及其配套方法	76
2.4.1 遥感数据源	76
2.4.2 遥感图像地质解译方法	85
2.4.3 遥感图像处理技术	86
2.4.4 遥感技术与其他技术的结合	88
第3章 西北地区煤炭资源调查遥感技术应用	90
3.1 西北地区煤炭资源遥感调查评价条件分析	90
3.1.1 自然地理环境条件	90
3.1.2 遥感技术应用条件	91
3.2 西北地区遥感找煤的关键技术	92
3.2.1 主要技术方法	92
3.2.2 工作流程	96
3.3 塔里木盆地煤炭资源遥感地质调查评价	96
3.3.1 区域地质研究	97
3.3.2 含煤盆地调查研究	104
3.4 托运-和田含煤区杜瓦煤产地煤炭资源遥感调查	115
3.4.1 煤田遥感地质特征	116
3.4.2 含煤远景区圈定	122
3.5 青藏高原土门地区煤炭资源遥感调查评价	124
3.5.1 项目研究概况	124
3.5.2 地层	125
3.5.3 岩浆岩	132
3.5.4 构造	133
3.5.5 含煤地层	142
3.5.6 煤层及煤质	146
3.5.7 聚煤作用分析	152
3.5.8 聚煤期后构造对煤层的改造作用	155
3.5.9 含煤远景区圈定	157
第4章 西南地区煤炭资源调查遥感技术应用	159
4.1 西南地区自然地理特点与遥感技术应用条件	159

4.1.1 云贵高原	159
4.1.2 四川盆地	161
4.1.3 青藏高原东南部	163
4.2 西南地区遥感技术应用的工作方法和流程	164
4.2.1 工作思路	164
4.2.2 技术方法	165
4.2.3 工作流程	169
4.3 滇东昭通地区煤炭资源遥感调查评价	169
4.3.1 调查区概况	169
4.3.2 区域地质背景	169
4.3.3 区域成煤条件	171
4.3.4 1:10万遥感地质调查	173
4.3.5 1:5万煤田地质填图及钻探验证与控制	190
4.4 滇中祥云-鄂嘉地区生态煤资源遥感调查评价	193
4.4.1 调查区概况	193
4.4.2 区域地质背景	195
4.4.3 区域成煤条件	199
4.4.4 1:10万煤田遥感地质调查	200
4.4.5 1:5万煤田地质填图及钻探验证与控制结果	213
4.5 滇西云南三江地区煤炭资源遥感调查评价	216
4.5.1 调查区概况	216
4.5.2 区域地质背景	217
4.5.3 区域成煤条件	218
4.5.4 1:10万煤田遥感地质调查	221
4.5.5 1:5万煤田地质填图、电法及钻探验证与控制结果	238
第5章 中东部地区煤炭资源遥感调查评价	242
5.1 中东部地区煤炭资源遥感调查评价条件分析	242
5.1.1 中东部地区煤炭资源调查评价的意义	242
5.1.2 地质地理背景与遥感技术应用条件	243
5.2 遥感构造解译找煤方法与工作流程	245
5.2.1 中东部地区遥感找煤的思路	245
5.2.2 工作方法与工作程序	245
5.3 鄂尔多斯盆地构造及其控煤作用的遥感地质研究	250
5.3.1 自然地理概况	250
5.3.2 研究方法和工作程序	251

5.3.3	典型地物波谱测试	252
5.3.4	卫星图像地质解译	254
5.3.5	遥感地质构造的综合分析	266
5.3.6	遥感地质构造控煤作用分析	271
5.4	淮南矿区外围遥感找煤研究	277
5.4.1	地质构造解译基础	277
5.4.2	构造综合解译	282
5.4.3	航空遥感地质研究	287
5.4.4	淮南煤田外围含煤远景区分析	294
5.5	鲁西南地区煤田构造的多源地学信息分析	298
5.5.1	鲁西南地区概况	298
5.5.2	区域地质构造及含煤特征	299
5.5.3	煤田遥感地质解译与研究	301
5.5.4	地球物理资料验证	311
5.5.5	常规地质资料验证	320
5.5.6	研究区构造格局	325
5.5.7	地质构造对煤系赋存的控制	332
第6章	煤层气资源评价遥感技术应用	338
6.1	煤层气资源评价遥感技术应用的原理和方法	338
6.1.1	煤层气资源评价遥感技术应用概况	338
6.1.2	煤层气资源评价遥感技术应用原理	338
6.1.3	遥感技术的应用的工作程序	339
6.2	沁水盆地煤层气地质条件与煤储层特征	342
6.2.1	地理和煤层气资源概况	342
6.2.2	地质背景	342
6.2.3	煤储层特征与含气性	346
6.3	沁水盆地煤储层特征的遥感解译与评价	351
6.3.1	煤层裂隙与煤层渗透性	351
6.3.2	构造稳定区块与构造-地貌评价单元遥感区划	352
6.3.3	煤层裂隙发育区探测	356
6.4	沁水盆地煤层气遥感选区与预测	371
6.4.1	选区的原则和标准	371
6.4.2	选区评价	371
	主要参考文献	375

第 1 章 煤炭资源调查评价遥感应用概述

1.1 中国煤炭资源分布特征

1.1.1 中国煤炭资源概况

中国的能源生产和消费构成是由我国的资源特点和经济发展阶段所决定的。从总体上讲，中国富煤贫油，是世界上少数几个以煤炭为主要能源的国家之一。煤炭是我国化石能源中最具优势的资源。当前，煤炭资源占化石能源资源总量的 95%，在一次能源生产和消费构成中占 70% 以上（图 1.1）。我国是世界上最大的煤炭生产和消费国，自 1989 年突破 10 亿 t 大关后，即居世界首位。2007 年全国煤炭产量达 25.5 亿 t。

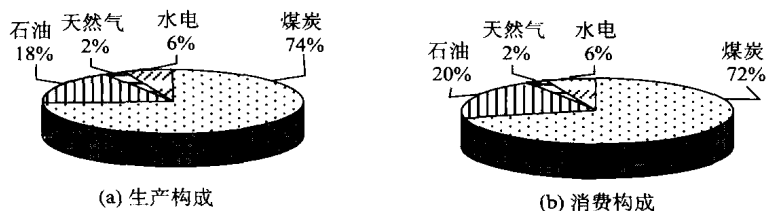


图 1.1 2004 年中国一次能源构成

1. 资源储量大、空间分布不均匀

我国煤炭资源非常丰富，煤炭资源面积近 60 万 km^2 。据第三次煤炭资源预测，垂深 1000m 以浅的资源总量 2.8616 万亿 t，垂深 2000m 以浅煤炭资源总量 5.5679 万亿 t（毛节华等，1999），位居世界前列。受大地构造环境的制约，我国煤炭资源分布很不均匀，除上海以外的所有地区均有煤炭资源，但储量丰度十分悬殊，绝大部分探明资源储量集中于华北和西北地区。鄂尔多斯盆地、吐鲁番-哈密盆地、准噶尔盆地和华北盆地的煤炭资源量均超过 5000 亿 t，属世界上著名的特大型煤盆地。秦岭—大别山一线以北煤炭资源占总量的 90.35%，而其中有 65% 左右集中在太行山—贺兰山之间，12.35% 在新疆。南方的煤炭资源仅占全国煤炭资源总量的 9.65%，其中的 96.6% 集中在云贵川。我国东部尤其东南沿海煤炭资源比较缺乏。

根据煤炭资源分布特征、地区经济发展水平、煤炭资源供需状况、煤矿区水资源和生态环境条件将我国划分为东部调入区带、中部供给区带、和西部自给区带。

(1) 东部调入区带 包括东北、华北东部、华南地区。本区带经济发达, 经济和社会发展水平快, 环境要求高, 电力资源短缺; 煤炭需求量大, 煤质要求高, 需要从晋、陕、蒙等省区调入。沿海一些省、市还需要从国外进口煤炭。

(2) 中部供给区带 包括山西、陕西、内蒙古、宁夏、云南、四川、重庆和贵州八省区市。该区带煤炭资源丰富, 是我国的重要产煤区。但晋陕蒙宁地区生态环境脆弱, 水资源短缺; 云贵川地区煤层硫分高, 煤炭开采对大气环境产生重大不利影响。

(3) 西部自给区带 包括新疆、甘肃、青海、西藏四省区。本区带经济发展水平相对较低, 交通运输条件差, 煤炭需求量相对较少; 煤炭主要在区带内流动, 煤炭生产呈现自产自销的基本状态。

2. 煤种齐全、优劣不均

中国煤炭资源的种类较多, 从烟煤到无烟煤以及石煤俱备, 以气煤、不黏煤、长焰煤和褐煤资源量最多, 动力用煤资源丰富。在现有探明资源量中, 褐煤占 13%、烟煤占 75%、无烟煤占 12%。其中, 原料煤占 27%, 动力煤占 73%。动力煤主要分布在华北和西北, 其资源量分别占全国的 46% 和 38%, 炼焦煤主要集中在华北, 无烟煤主要集中在山西和贵州两省。总体说来, 我国的优质煤炭资源相对较缺乏, 主焦煤资源严重不足, 肥煤、焦煤、瘦煤资源分别仅占 3.3%、6.1%、4.2%, 优质炼焦煤更加短缺。

中国煤炭质量总的来看较好。探明的资源量中, 灰分小于 10% 的特低灰煤占 20% 以上, 硫分小于 1% 的低硫煤约占 65%~70%; 硫分 1%~2% 的约占 15%~20%。高硫煤主要集中在西南、中南地区。华东和华北地区上部煤层多为低硫煤, 下部煤层多为高硫煤。

3. 人均煤炭资源有限、后备资源不足

我国煤炭资源总量丰富, 但资源现状不容乐观, 主要表现为资源保障程度低、勘查程度低、经济可采储量和人均占有量少。截至 2000 年末, 我国尚未利用的精查储量仅为 618 亿 t, 占资源总量的 6.25%, 其中可供大中型矿井利用的精查储量仅 300 亿 t 左右, 后备资源严重不足。

世界煤炭生产国储采比远高于中国, 世界前十位煤炭生产国中有 8 个国家储采比高于 200, 而中国的煤炭储采比不到 100。田山岗等 (2001) 研究表明, 考虑环境容量、高硫煤资源量、乡镇煤矿的采出量和损失量, 中国煤炭资源的有效可采量仅为 1037.6 亿 t。根据美国 EIA 统计, 2002 年中国人均占有资源量仅 145t, 低于世界平均水平 157t, 在世界 72 个主要产煤国家中排名第 21 位。

4. 煤层赋存条件复杂、开发难度加大

我国保有资源量一半以上赋存于裸露、半裸露煤田，煤层埋藏深度小于 300m 的约占 30%，埋深 300~600m 的约占 40%，埋深 600~1000m 的约占 20%。其中大多数适于井工开采，露采的资源量甚少。据初步统计，露采资源量仅占保有储量的 6%，且 80% 为蒙、滇的褐煤。井采开拓条件一般较好，但是随着开采深度的增加，开采条件趋于复杂化。另一方面，随着煤矿机械化程度的提高，地质条件对开采的制约愈显明显。据 1994 年统计，我国综采工作面开机率仅达 25%，其主要原因是对于矿井地质条件缺乏系统掌握。

东部地区是我国煤炭需求量最大的经济区带，地质研究程度高、煤炭开发强度大、后备资源短缺。经过数十年勘查开发，该区带露天和浅部煤炭资源基本上均已动用，勘查重点转向巨厚新生界覆盖区、推覆体（滑脱构造）下、老矿区深部等区块，勘探难度加大，常规勘查方法和勘查技术已难以满足煤炭资源勘探的要求。东部地区煤矿区具有新生界覆盖层厚、煤层埋藏深、开采地质条件复杂、基底为奥陶系承压含水层等特点。目前，区内新建矿井多为深井开发，首采区多在距地表 400m 以下深度，大部分生产矿井的开采深度已达 500~1000m。矿井深部的高地温、高水头压力和高地应力环境使煤矿水文地质条件、工程地质条件越来越复杂，引发的底板突水、井筒破裂、围岩变形、冲击地压、地温增高、瓦斯突出等地质灾害越来越严重，严重影响了矿井的生产和安全，并降低了经济效益。

我国西部煤炭资源丰富，新疆、内蒙古、陕西、山西四省区煤炭资源量占全国的 80% 以上。此资源分布特点决定了我国煤炭工业的重点西移发展战略。然而，西部地区多为干旱、半干旱地区，水资源短缺，生态环境脆弱，煤层开采会造成土地沙化和水土流失问题，并受交通运输等外部条件制约，这些使得煤炭资源开发重点西移短期内难以实现。例如，晋陕蒙地区煤炭资源量大，地质条件简单且为低灰低硫动力煤，是 21 世纪煤炭开发的重点地区（毛节华等，1999；程爱国，2005）。但是上述地区生态环境十分脆弱，减轻煤炭生产的环境压力是煤炭资源大规模开发所亟待攻克的技术难题。

1.1.2 中国聚煤作用基本特征

我国聚煤作用在各地质历史时期的形成与空间的展布，符合煤在全球的聚积与分布的基本规律，同时也有自己的特点，主要体现在如下四个方面。

1. 成煤期和聚煤作用的时空分布

我国成煤时代长、成煤期多。自早古生代至现代都有聚煤作用发生，地质历史上的成煤期达 14 个。其中重要的成煤期有：北方晚石炭-早二叠世，南方晚二叠世，华北北部、东北南部和西北地区的早-中侏罗世以及分布在东北地区、内蒙古东部的晚侏罗-早白垩世（图 1.2）。

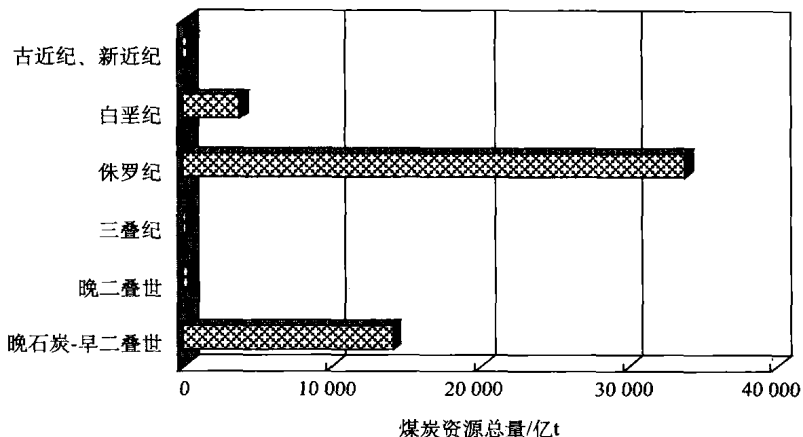


图 1.2 中国煤炭资源总量各地质时代分布条带图

聚煤作用在空间上有明显迁移性。例如，早石炭世煤系分布于华南聚煤区；晚石炭-二叠纪含煤岩系随时代变化有由华北转向华南的情况；中生代含煤岩系分布有由西南向东北迁移的趋势；古近纪煤系分布于东北，新近纪煤系则见于东南沿海及南方各省，聚煤作用有由北向南迁移的现象。聚煤作用在空间上的这种迁移规律主要是由古植物、古气候、古地理和古构造等控制因素的变化所造成的。

2. 地壳运动和构造格局对聚煤作用与煤炭资源赋存的控制

构造作用是控制煤系和煤层形成、变形和赋存的首要地质因素。中国煤田地质的一个显著特点，就是聚煤盆地构造类型的多样化、煤系后期改造明显、煤田构造样式丰富。成煤作用与大地构造演化密切相关，多发育于地壳强烈活动后的间歇期。地壳运动提供聚煤场所，相当宁静阶段则为成煤物质形成和聚煤作用提供前提。自晚古生代以来，中国大陆经历了海西运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动等四个主要的构造旋回。不同时期、不同地域的地壳运动性质和大地构造演化程式不同，因而，不同聚煤区、不同聚煤期的含煤岩系所受到的影响也不同（表 1.1）。

表 1.1 中国含煤岩系构造演化简要特征

地质时代		构造演化		聚煤作用	煤系变形
新生代	新近纪和古近纪	喜马拉雅旋回	印度板块与欧亚板块碰撞，青藏高原隆起；亚洲大陆东部向东扩张，东亚裂陷系形成	聚煤作用发生于环太平洋构造域（东北和华北沿海）（E）、西部特提斯构造域（滇西地区）（N），主要受走滑断裂控制，盆地类型以小型山间拗陷和断陷为主	东部煤盆地负反转、华北掀斜断块格局形成，构造反差明显，太行山东西两侧煤系赋存高差大于 4000m； 西部含煤盆地在挤压应力作用下进一步变形，盆缘断裂向盆内逆冲，形成盆缘变形强烈、盆内较简单的基本格局
		燕山旋回	晚燕山阶段，亚洲大陆东部裂解；西北进入陆内造山体制 早燕山阶段，库拉-太平洋板块与欧亚板块的强烈作用形成东亚构造岩浆岩带，中国大陆地台解体；西北地区造山期后伸展	晚侏罗-早白垩世，东北—内蒙古东部发育小型断陷聚煤盆地群； 早-中侏罗世陆相聚煤作用广泛发生于华北、西北和上扬子地区，鄂尔多斯和四川盆地继承性发育大型波状拗陷；西北地区主要为伸展背景控制下的大型泛湖盆占构造格局	中国东部受太平洋地球动力学体系控制，含煤岩系发生明显构造变形，变形强度由东向西递减。华南含煤区以深层次拆离控制下的复杂叠加型滑脱构造广泛发育为特征；华北含煤区受周缘活动带陆内造山控制，形成环带型变形分区结构。 西北地区煤盆地于晚中生代开始构造正反转
中生代	白垩纪和侏罗纪	印支旋回	北方古板块与华南古板块全面对接，中国板块形成	晚三叠纪于上扬子、华北西部和塔里木盆地发生聚煤作用，盆地类型为大型陆内拗陷，受盆缘断裂控制，具前陆盆地性质	晚古生代煤系遭受改造，华南于印支早期发生局部裂陷伸展滑覆，晚期逆冲推覆；华北煤盆地受周缘板块持续活动控制，发生褶皱断裂
		海西旋回	塔里木-华北古板块与西伯利亚古板块对接，古秦岭消减，古亚洲体系逐步形成	华北晚石炭世-早二叠世和华南早石炭世、晚二叠世海陆交互型聚煤作用广泛，盆地类型主要为稳定或较稳定的巨型或大型陆内克拉通拗陷	同沉积期构造活动控制富煤带的展布
晚古生代	二叠纪和石炭纪				

中国是一个由众多稳定地块和构造活动带经多次拼合而成的复式大陆，具有显著的非均匀性，盖层变形强烈。发育于这一复式大陆之上的聚煤盆地，后期改造显著，呈现变形的分区分带特征。煤系变形分区组合可划分为三大区域：

(1) 东部复合变形带 该带位于大兴安岭—太行山—武陵山以东。煤系后期改造显著且多样化，秦岭—大别山以南以挤压背景为主，华北和东北则以伸展背景为主。煤系赋存以北东—北北东向展布、平行排列的条带结构组合为基本格局，变形幅度和