

国家重点基础研究发展计划 (973计划) 项目 (2006CB202200) 研究成果

深部煤炭资源及开发地质条件

研究现状与发展趋势

虎维岳 何满潮 主编

SHENBU MEITAN ZIYUAN JI KAIFA DIZHI TIAOJIAN
YANJIU XIANZHUANG YU FAZHAN QUSHI

煤炭工业出版社

西部煤炭资源及开发地质条件

中国地质大学(北京)地质研究所编

地质出版社 1998年12月

WU XI BU MEI TAN ZI YUAN JI KA FA DI ZHI TIA JIAN
WESTERN COAL RESOURCES AND DEVELOPMENT GEOLOGICAL CONDITIONS



国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2006CB202200)研究成果

深部煤炭资源及开发地质条件 研究现状与发展趋势

虎维岳 何满潮 主编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

深部煤炭资源及开发地质条件研究现状与发展趋势 /
虎维岳, 何满潮主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2008. 5
ISBN 978-7-5020-3169-5

I. 深… II. ①虎…②何… III. 煤炭资源-资源开
发-工程地质条件-文集 IV. TD82-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 037326 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 25 插页 2
字数 590 千字 印数 1—700
2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷
社内编号 5970 定价 98.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

序

能源是人类社会发展和进步的基础，能源工业发展必要的速度和规模是国民经济健康、可持续发展的根本保障。煤炭是我国的主要能源，新中国成立以来，煤炭在我国一次能源生产和消费结构中的比例占70%以上。今天，我国的能源工业已经基本上形成了以煤炭工业为主、多能源（石油、天然气、核能以及水能、风能、太阳能、地热、生物能等可再生能源）互相补充的工业体系。煤炭在我国未来能源消费结构中的比例可能会降至50%，但年消费量仍将保持在2.8Gt以上，其重要性不会降低。

中国是世界上头号煤炭生产和消费国家，近年来，原煤年产量均在2.0Gt以上。但是，受资源条件的制约，大型骨干煤矿区主要位于秦岭以北、贺兰山—六盘山以东的华北和东北地区。经过50多年的大规模开发，一些大型煤矿区的浅部资源已经枯竭。据预测，到2020年40%的国有重点煤矿和60%的国有地方煤矿将因浅部资源枯竭而面临关闭之虞。如何解决未来煤炭供应缺口、保证国家能源安全是煤炭工业应该面对的一个严重挑战。

我国2000m以浅的煤炭资源总量为5.57Tt。其中，新疆维吾尔自治区和鄂尔多斯盆地的煤炭资源占全国煤炭资源总量的70%以上。目前，鄂尔多斯盆地的浅部煤炭资源正处于全面开发阶段；而新疆煤炭资源由于受生态环境脆弱、基础设施落后、距消费市场遥远等客观因素的制约，现阶段还难于进行大规模开发和实现煤炭工业布局的全面西移。根据我国第3次全国预测成果，华北和东北的老煤炭工业基地的深部（800~2000m），蕴藏有丰富的煤炭资源尚待勘查和开发。因此，开发利用深部煤炭资源，既是弥补未来煤炭供应缺口、保障能源安全的需要，又是继续发挥老矿区基础设施的作用、维护以煤为主导产业的资源型城市社会稳定、促进东部地区经济社会可持续发展的战略性举措。

深部和浅部煤炭资源的勘查与采煤环境存在重大差异。目前关于深部煤炭资源及其开采地质条件的勘查和评价，存在一系列尚待解决的关键科学问题，国内外也没有成熟的理论及方法体系。因此，国家科学技术部组织的相关专家经3轮详细论证，于2006年实施了国家重点基础研究发展计划（973计划）项目“深部煤炭资源赋存规律、开采地质条件与精细探测基础研究”。它的立项对推进煤炭科技进步和事业发展将发挥重大作用，这无疑是我国煤

田地质界可喜可贺的大事。

该项目的首席科学家虎维岳研究员（煤炭科学研究总院西安研究院）和何满潮教授（中国矿业大学（北京）），共同组织煤炭研究院所、中国科学院、有关高等院校、中国地震局等行业和部门优势单位的相关学者共同攻关，充分体现了多学科交叉、优势互补、产学研密切结合的研究思路，这是难能可贵的。该项目紧密围绕国家目标，对深部煤炭资源形成演化与赋存规律，煤矿深部高地应力场、高地温场、高承压水体和瓦斯气体渗流场特征及其多场耦合作用成灾机制与评价，深部煤岩体的流体来源、运移赋存规律和多相介质的耦合作用，深层煤矿床关键地质体和多相介质的地球物理响应与综合勘查理论等关键科学问题，对华北东部深层煤炭资源赋存与分布、开采地质条件（应力、地温、岩溶水、瓦斯）和快速、综合探测体系进行综合研究。我相信，通过项目的实施，将为深部煤炭资源合理、综合勘探与安全、高效开发，以及我国老煤炭工业基地可持续发展，提供科学依据和理论支撑。该项目拟解决的科学难题虽然是煤炭工业领域亟需解决的问题，但也是深部其他固体矿产资源开发和深部地下工程（如石油战略储备工程、核废料地下处置工程、地下战略防护工程、大型水电深部引水隧道等）共同面对的问题。因此，这项研究具有普遍意义。

项目的首席科学家和科研骨干，都是目前我国相关领域颇有建树的中青年科学家，他们年富力强，思想活跃，功底扎实，知识面广。我希望，他们在首席科学家的带领下，团结协作，继续发扬探索、攀登、求实的科学精神，通过项目的实施，形成一支研究深部煤炭资源勘探、开发的优秀科学家队伍，做到既出成果，又出人才。

从项目立项、启动以来，我十分关注项目的进展和研究成果。现在，两位首席科学家主编的《深部煤炭资源及开发地质条件研究现状与发展趋势》即将出版，我表示衷心祝贺。本书的主要内容是项目和各个课题前期调研论文，部分是早期研究成果，其中不乏新认识、新观点和新发现。将“973”项目的研究成果，及时整理出版，有利于学术交流，推动科研成果转化。我热切地期盼着更多的后续成果不断出版问世。

在《深部煤炭资源及开发地质条件研究现状与发展趋势》出版之际，我应两位首席科学家之邀，写了上面一些文字，是为序。

中国科学院院士



2008年1月于北京

目 次

深部煤炭资源及其开发技术条件研究现状与发展趋势	虎维岳 (1)
深部开采热害控制技术研究现状	何满潮 张 毅 (26)
深层煤矿床赋存规律与开采地质条件及其综合	
探测研究进展与前景	张 泓 夏宇靖 张 群 等 (33)
华北盆 - 山动力演化及其对深部煤和煤层气的	
聚集作用	琚宜文 谭永杰 侯泉林 等 (49)
华北东部中生代构造体制转折及其深部控煤作用	潘结南 侯泉林 琚宜文 (58)
河北省深部煤炭资源情况与潜力分析	黄晓彬 黄文辉 唐书恒 (68)
深部煤炭资源综合评价理论与方法研究进展	杨志远 张 泓 张 群 等 (77)
含煤地层沉积学及层序地层学研究现状	朱宝存 唐书恒 蔡 超 (85)
——以两淮煤田为例	
华北深部石炭 - 二叠纪煤的“成因—演化—煤质	
特征”与聚煤规律研究	姚艳斌 刘大锰 黄文辉 等 (93)
含煤岩系层序地层及聚煤模式研究进展	邵龙义 鲁 静 汪 浩 等 (102)
地应力测量技术与构造应力场研究	李 宏 崔效锋 王海忠 等 (114)
构造应力与煤矿动力灾害	崔效峰 谢富仁 李瑞莎 (123)
煤矿井下地应力测量方法及应用	康红普 (138)
煤体内细观裂纹非稳定扩展规律的实验研究	赵毅鑫 姜耀东 刘文岗 (146)
深部开采地应力测试及其规律研究现状	孙晓明 高延法 王 波 等 (154)
煤对瓦斯吸附机理研究的新进展	张小东 张子戌 (160)
深部煤层突出动力学机制及突出预测的研究现状	
及发展方向	蒋承林 陈松立 (167)
波兰皮诺维克矿井深部灾害治理与瓦斯利用	员争荣 李贵红 王战锋 (172)
深岩溶与矿井突水研究进展	靳德武 (182)
深采煤矿地温场的形成机理与预测方法研究	段忠丰 杨峰田 庞忠和 (189)
瞬变电磁场探测深度的数值分析	石显新 闫 述 傅君眉 (204)
淮南顾桥深部煤炭资源勘探中地球物理场的	
测井响应研究	石 璞 王 赞 芦 俊 (211)
不同工作参数条件下中心回线 TEM 法响应特征研究	石显新 (226)
3D3C 解释研究	石 璞 王 赞 芦 俊 (235)
深层煤矿床地震探测技术现状与发展趋势	程建远 李恒堂 杨战宁 等 (243)
深部煤炭资源勘查技术与勘查类型划分	曹代勇 林中月 王 强 (251)
AVO 技术在煤田勘探中的研究进展与展望	高 乐 马劲风 程建远 (261)

深层煤矿床综合勘探辅助决策支持系统研究现状

及发展趋势	魏迎春	郝伟	曹代勇	(268)
深部煤炭资源勘查技术体系研究	贾建称	李恒堂		(277)
基于综合勘查资料的深部煤矿床开采地质条件评价				
研究现状及进展	张继坤	刘德民	曹代勇	(283)
弹性阻抗反演技术的研究进展及应用展望	马劲风	高乐	程建远	(291)
煤矿巷道内地球物理探测技术的应用	李桂花	朱光明		(298)
地质雷达技术及其在煤矿开采中的应用	杨峰	彭苏萍	朱国维等	(309)
深部矿井致灾地质因素及其物探技术浅析	朱国维	邸兵叶	马文波等	(316)
煤炭精细三维地震勘探技术研究	孙升林	程增庆	马国东	(324)
矿井电磁波法物探技术的应用现状及展望	王怀秀	李小华	李兆凯等	(329)
煤炭地震激发井深与近地表介质的关系	孙升林	程增庆	马国东	(343)
华北型煤田矿井水分布特征及其底板突水机理				
浅析	丁雯	武彩霞	贺志云	(350)
淮南矿区地质构造及煤与瓦斯突出特征调研	朱国维	宋韦剑	王富强	(359)
——以潘谢矿区(潘三矿)为例				
淮南矿区矿井水害调研分析	李永军	朱国维		(373)
我国煤层底板突水预测预报研究现状	王连国	白海波		(379)
附录 各篇论文所对应的课题				(386)

CONTENTS

The Present Status and Development Tendency of Deep Coal Resources	
Exploration and Research	<i>Hu Weiyue</i>
State of the Art of Heat-harm Control Techniques at Great Depth	
.....	<i>He Manchao Zhang Yi</i>
Occurrence and Coal-mining Geological Conditions and Explorations of	
Deep Coal Deposits: New Advances and Perspectives	
.....	<i>Zhang Hong Xia Yujing Zhang Qun et al</i>
Dynamic Evolution of Basin Range and Its Effect on Accumulation of	
Deep Coal and Coalbed Methane in North China	
.....	<i>Ju Yiwen Tan Yongjie Hou Quanlin et al</i>
Mesozoic Tectonic Systems and Their Control on Deep Coal in Eastern	
North China	<i>Pan Jienan Hou Quanlin Ju Yiwen</i>
Situation and Potential Analysis of Deep Coal Resource in Hebei	
Province	<i>Huang Xiaobin Huang Wenhui Tang Shuheng</i>
The Research Advance on the Comprehensive Assessment Theory and	
Methods for Deep Coal Resources	<i>Yang Zhiyuan Zhang Hong Zhang Qun et al</i>
Status of Study of Sedimentology and Sequence Stratigraphy of Coal Bearing Strata	
— with Example of Huainan and Huaibei Coalfields	
.....	<i>Zhu Baocun Tang Shuheng Cai Chao</i>
Study on Genesis—Evolution—Quality Characteristics and Accumulation	
Regularities of Deep Permo-Carboniferous Coal in North China	
.....	<i>Yao Yanbin Liu Dameng Huang Wenhui et al</i>
Advance in Study of Sequence Stratigraphy and Coal Accumulation	
Model of Coal Bearing Measure	<i>Shao Longyi Lu Jing Wang Hao et al</i>
Study of Ground Stress Measurement Technique and Structural Stress	
Field	<i>Li Hong Cui Xiaofeng Wang Haizhong et al</i>
Tectonic Stress and Coal-mine Dynamic Disasters	<i>Cui Xiaofeng Xie Furen Li Ruisha</i>
Coal Mine Underground Stress Measurement Method and Application	<i>Kang Hongpu</i>
Experimental Research on the Mechanism of Micro-cracks Propagation	
in Bump-prone Coal	<i>Zhao Yixin Jiang Yaodong Liu Wengang</i>
State of the Art of Measurement and Distribution Rule of Geostress	
at Great Depth	<i>Sun Xiaoming Gao Yanfa Wang Bo et al</i>
Recent Research Progress of the Gas-Adsorption Mechanism	

in coal	Zhang Xiaodong	Zhang Zixu
Dynamic Mechanism of Deep Coal Seam Outburst and Status and		
Development Direction of Study of Outburst Prediction	Jiang Chenglin	Chen Songli
Hazards Control and Methane Utilization in Coalmine Pniowek		
of Poland	Yuan Zhengrong	Li Guihong Wang Zhanfeng
Advance in Study of Deep Karst Water and Water Outburst in Mines	Jin Dewu	
Formation Mechanism and Prediction Methods of Geothermal Field		
in Deep Coal Mines	Duan Zhongfeng	Yang Fengtian Pang Zhonghe
Numerical Analysis of Depth of Investigation in Transient Electro-		
magnetic Field	Shi Xianxin	Yan Shu Fu Junmei
Research on Geophysical Logging Responses of Deep Coal Resource		
Exploration in Guqiao Coal Mine, Huainan	Shi Ying	Wang Yun Lu Jun
Discussing the Response of Central-loop TEM in Relation to		
Various Working Parameters	Shi Xianxin	
Research on 3D3C Data Interpretation	Shi Ying	Wang Yun Lu Jun
Status and Development Tendency of Seismic Detection Technique for		
Deep Coal Deposit	Cheng Jianyuan	Li Hengtang Yang Zhanning et al
Exploration Technology and Exploration Styles Classification of Deep		
Coal Resources	Cao Daiyong	Lin Zhongyue Wang Qiang
Progress and Prospect in Study on AVO Technique in Coal		
Exploration	Gao Le	Ma Jinfeng Cheng Jianyuan
Present Status & Development Tendency on Assistant Decision Support		
System of Deep Coal Deposit Synthetic Exploration		
.....	Wei Yingchun	Hao Wei Cao Daiyong
Study on Investigation Technical System of Deep Coal		
Resource	Jia Jiancheng	Li Hengtang
Present Status & Progress on the Evaluation of Mining Geological		
Conditions of Deep Coal Bed Based on Comprehensive Exploration		
Information	Zhang Jikun	Liu Demin Cao Daiyong
Progress in Study and Application Prospect of Elastic Impedance		
Inversion Technique	Ma Jinfeng	Gao Le Cheng Jianyuan
Application of Geophysical Detection Technique in Coal Mine		
Gallery	Li Guihua	Zhu Guangming
GPR and Its Application in Coal Mining	Yang Feng	Peng Suping Zhu Guowei et al
Brief Analysis of Hazard-causing Geological Factors and Geophysical		
Prospecting Technologies in Deep Mining	Zhu Guowei	Di Bingye Ma Wenbo et al
Research of Coal Fine 3D Seismic Exploration Technology		
.....	Sun Shenglin	Cheng Zengqing Ma Guodong
The Current Application and Its Prospect of Mine Electromagnetic		

Geophysical Technology	<i>Wang Huaixiu Li Xiaohua Li Zhaokai et al</i>
Relationship between Coal Seismic Exciting Depth and Near Surface	
Medium	<i>Sun Shenglin Cheng Zengqing Ma Guodong</i>
Brief Analysis of Distribution Characteristics and Mechanics for Floor	
Water-inrush of Coal Mine in North China Coalfield	
.....	<i>Ding Wen Wu Caixia He Zhiyun</i>
Research of Geologic Structure and Coal and Gas Outburst in huainan	
Coal-mine Area——Pan-xie Mine Area (Panji No. 3 Mine) as a	
Example	<i>Zhu Guowei Song Weijian Wang Fuqiang</i>
Investigation and Analysis of Mine Water Hazards of Huainan	
Coal-mine Area	<i>Li Yongjun Zhu Guowei</i>
Analysis of Status of Study on Prediction and Forecasting of Water	
Outburst in Floor of China's Coal Mines	<i>Wang Lianguo Bai Haibo</i>

深部煤炭资源及其开发技术条件研究 现状与发展趋势

虎 维 岳

(煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 论述了世界各主要煤炭资源大国目前探明煤炭资源的分布现状, 分析了世界各国煤炭资源开采现状及发展趋势。重点分析了深部资源开采的工程及技术发展情况, 结合我国煤炭资源分布的地质条件、开采现状及未来发展走势, 分析了深部煤炭资源勘探开发的必要性及其面临的主要科学问题。论述了勘探开发深部煤炭资源, 以及实现我国煤炭工业可持续发展的技术途径。

关键词: 深部煤炭; 勘探开发; 地质条件; 技术现状

The Present Status and Development Tendency of Deep Coal Resources Exploration and Research

Hu Weiyue

(Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an 710054)

Abstract: The coal resources distribution, mining situation and development tendency in the main coal resource exploitation countries were discussed. The deep coal resources exploration and development project as well as techniques in the world were specially analysed. The emergency and main scientific problems for the deep coal resource exploration and development in China were analysed and some technology ways for coal industry sustainable development of China were given.

Key Words: Deep coal resources; Exploration and development; Geological condition; Technology status

1 世界主要产煤国家煤炭资源及其开发现状

煤炭作为自然赋予人类的主要化石能源资源, 长期以来支撑着人类社会的进步和发

展, 但根据现有的认知资料, 这种资源在全球的分布极不均匀, 目前的开发利用强度也极不平衡。根据 2006 年 BP 世界能源统计资料, 截至 2005 年底, 世界前 10 名煤炭资源国家证实煤炭储量及其储采比见表 1, 煤炭资源赋存国家近 10 年的煤炭消费量变化见表 2^[1]。

表 1 世界前 10 名煤炭资源国家证实煤炭储量及其储采比 (截至 2005 年底)

Table 1 Approved coal reserves and production/reserves ratio of ten major coal resource countries in the world (by the end of 2005)

排序	国 家	证实煤炭储量/Mt	占世界总储量的百分比/%	储采比 (R/P)
1	美 国	246643	27.1	240
2	俄罗斯	157010	17.3	—
3	中 国	114500	12.6	52
4	印 度	92445	10.2	217
5	澳大利亚	78500	8.6	213
6	南 非	48750	5.4	436
7	乌克兰	34153	3.8	436
8	哈萨克斯坦	31279	3.4	362
9	波 兰	14000	1.5	88
10	巴 西	10113	1.1	—
11	世界总计	909064		155

表 2 世界前 10 名煤炭资源国家近 10 年的煤炭消费量变化

Table 2 Coal consumption of ten major coal resource countries in the world in recent ten years

排序	国 家	煤炭消费量/Mt*										2005 年占世界总量的百分比/%
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
1	美国	529.3	540.4	545.8	544.9	569.1	552.3	552.0	562.5	566.2	575.4	19.6
2	俄罗斯	115.7	106.3	100.0	104.1	106.0	109.0	103.9	109.4	106.8	111.6	3.8
3	中 国	729.4	700.2	651.9	656.2	667.4	681.3	713.8	853.1	978.2	1081.9	36.9
4	印 度	154.4	160.2	159.8	158.9	169.1	172.1	181.7	188.4	203.7	212.9	7.3
5	澳大利亚	42.8	45.1	47.3	47.9	48.3	49.6	52.3	50.9	52.4	52.2	1.8
6	南 非	81.7	84.3	83.4	82.3	81.9	80.6	83.5	893	94.5	91.9	1.3
7	乌克兰	33.2	38.0	36.9	38.5	38.8	39.4	38.3	39.0	38.1	37.4	1.3
8	哈萨克斯坦	25.9	22.4	22.9	19.8	23.2	22.5	22.8	25.2	26.5	27.2	0.9
9	波 兰	73.2	70.1	63.8	61.0	57.6	58.0	56.7	57.7	57.3	56.7	1.9
10	巴 西	11.3	11.5	11.4	11.9	12.5	12.2	11.5	11.8	12.8	13.5	0.5
11	世界总计	2353.0	2337.7	2282.9	2273.2	2360.9	2381.3	2433.5	2629.2	2798.9	2929.8	

注: * 以标准煤计。

世界前 10 名煤炭资源国家近 10 年煤炭消费量变化趋势及 2005 年世界主要煤炭消费国煤炭消费量的比例结构如图 1、图 2 所示。

上述资料显示, 我国的煤炭资源总量在世界上虽然处于前列, 但人均占有量相对较

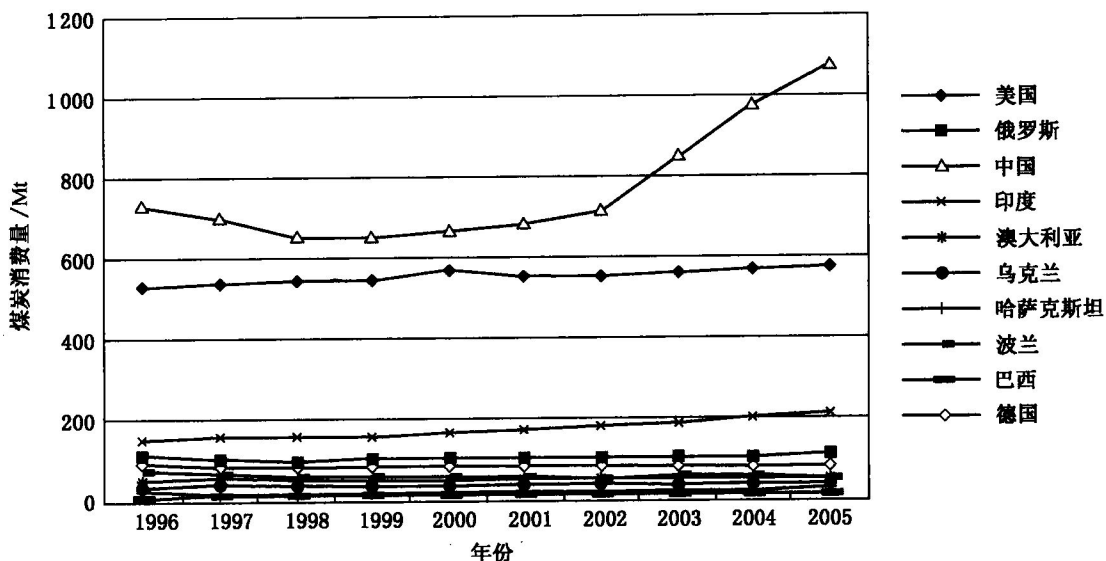


图1 世界前10名煤炭资源国家近10年的煤炭消费量变化趋势

Fig. 1 Coal consumption change of ten major coal resource countries in the world in recent ten years

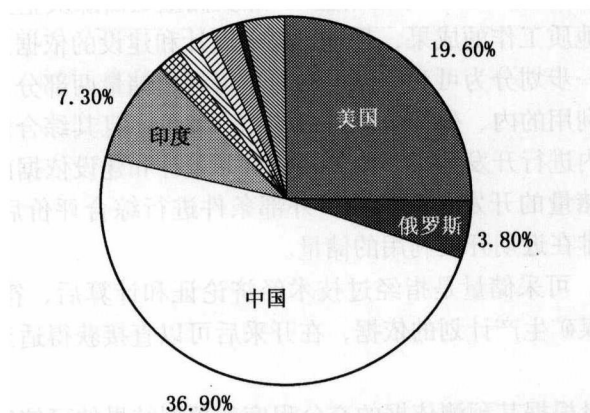


图2 2005年世界主要煤炭消费国煤炭消费量的比例结构

Fig. 2 Proportional structure of coal consumption of major coal consumption in the world in 2005

少,而煤炭资源的开采强度则远远高于世界平均水平,特别是近年来,在世界各主要煤炭资源国的煤炭资源开采强度保持相对平稳的情况下,我国的煤炭资源开采强度迅速增加,给煤炭工业的可持续发展带来了巨大压力。

2 我国煤炭资源及其开发现状

目前反映我国煤炭资源状况的系统性资料主要是1992—1997年完成的全国第三次煤炭资源预测和评价成果。本次煤炭资源预测和评价中提出的煤炭资源划分的基本概念如下:

(1) 煤炭资源。煤炭资源是指赋存于地下的具有现实的或潜在的经济价值的煤炭,其数量即为煤炭资源总量。煤炭资源总量又划分为已发现资源量和未发现资源量两部分。所谓已发现资源是指已经按照有关规范规定的程序和方法进行了找煤、普查或勘探工作,对煤炭赋存、煤类及煤质均有了不同程度的了解后所计算的资源数量。已发现资源相当于现在的“探明储量”。所谓未发现资源是指尚未按照有关规范规定的程序和方法进行找煤、普查或勘探工作,而是根据零星资料和地质理论的推断或根据已知地区的类比、外推进行估算的预测资源数量。过去习惯将预测资源量称为预测储量,是因为没有科学地区别资源量与储量这两个不同的概念。

对于已发现的资源量又划分为已查证资源量和找煤资源量两部分。所谓已查证资源量是指已经按照有关规范规定的程序和方法进行了普查或勘探工作以后所计算的煤炭资源数量,相当于目前“探明储量”中的“普查储量”、“详查储量”和“精查储量”之和。

(2) 煤炭资源量。煤炭资源量是指已按有关规范规定的程序和方法进行了地质普查工作以后计算所得的资源数量,相当于目前的“普查储量”。资源量是使用国家地质事业拨款进行的基础性地质工作的成果,反映国家或地区煤炭资源的潜力和前景,并可作为规划进一步地质工作的依据。其服务目标是国家宏观经济决策、综合国力评估和制订远景规划,并具体地运用于矿业权益的转让。

(3) 煤炭储量。煤炭储量是指进行了地质勘探工作以后计算所得的资源数量,大致相当于现在的“精查储量”和“详查储量”。煤炭储量是由煤炭企业或其他企业投资进行的工业性、开发性地质工作的成果,是进行煤矿设计和建设的依据。

煤炭储量可进一步划分为可利用储量和暂不可利用储量两部分。所谓可利用储量是指经过对储量的开发利用的内、外部条件进行了综合评价,且其综合优度值比较高,确认可以在当前或规划期内进行开发利用,作为新建矿井设计和建设依据的储量。所谓暂不可利用储量是指经过对储量的开发利用的内、外部条件进行综合评价后,其综合优度值比较低,不宜或没有安排在近期开发利用的储量。

(4) 可采储量。可采储量是指经过技术经济论证和计算后,符合当前开采的技术经济条件,可以作为煤矿生产计划的依据,在开采后可以直接获得适当的企业效益的那一部分储量。

煤炭预测资源量根据其预测依据的充分程度和预测结果的可信度划分为预测可靠、预测可能及预测推断三级。预测可靠是指在区域地质调查或区域性地面物探的基础上,或是老矿区的深部和外围,已知确有含煤地层的存在,而且有可采煤层的情况下估算的煤炭资源数量。预测可能是指在区域地质调查或区域性地面物探的基础上,已知有含煤地层的存在,但对是否有可采煤层存在还不了解的情况下估算的煤炭资源数量。预测推断是指根据区域地质资料推断可能有含煤地层存在的情况下所估算的煤炭资源数量。

煤炭预测资源的埋藏深度以当地最低侵蚀基准面起算。华南赋煤区的浙、闽、赣、苏南、皖南、湘、粤、桂、鄂、琼,东北赋煤区的辽、吉、黑,以及滇藏赋煤区等成煤条件较差的省(区)或地区,最大预测垂深为1500m,其余垂深为2000m。在上述垂深范围内,划分为600m以浅,600~1000m,1000~1500m及1500~2000m四个段距分别进行了统计分析。

在上述基本概念定义的框架下,截至1992年末研究资料显示,我国在垂深1000m以

浅的煤炭资源总量（包括已发现资源和预测资源量）为 $28616.93 \times 10^8 \text{t}$ ，垂深 2000m 以浅的煤炭资源总量为 $55697.49 \times 10^8 \text{t}$ 。实有已发现煤炭资源 $10176.45 \times 10^8 \text{t}$ （上海无煤炭资源，台湾资料暂缺），其中已查证资源（储量/资源量） $6769.85 \times 10^8 \text{t}$ ，另有找煤资源量 $3406.60 \times 10^8 \text{t}$ 。已查证资源中有储量 $4433.71 \times 10^8 \text{t}$ （已为生产井和在建井占用的储量 $1916.04 \times 10^8 \text{t}$ ，尚未占用的有精、详查储量 $2517.67 \times 10^8 \text{t}$ ），普查资源量 $2336.14 \times 10^8 \text{t}$ 。在储量中，尚未被占用的精查储量为 $810.70 \times 10^8 \text{t}$ 。煤炭资源综合评价的对象为尚未占用的精、详查储量，普查资源量以及找煤资源量，合计 $8260.41 \times 10^8 \text{t}$ 。

根据 1992—1997 年完成的全国第三次煤炭资源预测和评价成果显示，我国煤炭资源在垂深 1000m 以浅的预测资源量为 $18440.48 \times 10^8 \text{t}$ ，垂深 1000 ~ 2000m 的预测资源量为 $27080.56 \times 10^8 \text{t}$ ，合计 $45521.04 \times 10^8 \text{t}$ ，显示了我国未发现煤炭资源的巨大潜力^[1]。

垂深 1000m 以浅的预测资源量又分为 4 种情况^[1]：

(1) 条件好的有山西、内蒙古、贵州、陕西、新疆等 5 个省（区），预测资源量共为 $16625.34 \times 10^8 \text{t}$ 。

(2) 条件一般的有河南、山东、安徽、黑龙江、四川、宁夏、甘肃、云南、河北、北京等 10 个省（区、市），预测资源量共为 $1435.30 \times 10^8 \text{t}$ 。

(3) 条件较差的有吉林、辽宁、福建、江西、湖南、广西等省（区），预测资源量共为 $145.10 \times 10^8 \text{t}$ 。这些省（区）多属于资源贫缺区，虽然预测资源的规模小，但仍有一定的找煤普查价值。另外，青海省的预测资源量为 $208.41 \times 10^8 \text{t}$ ，大多位处高寒地带，气候条件恶劣、交通困难、条件极差。

(4) 规模很小、地质条件复杂的有江苏、广东、海南、西藏、湖北等省（区），预测资源量仅为 $26.33 \times 10^8 \text{t}$ 。全国煤炭资源总量统计见表 3。

表 3 全国煤炭资源总量统计（垂深 2000m）
Table 3 Statistics of total coal resources in China (vertical depth 2000m)

赋煤区							10 ⁸ t
	石炭二叠纪	二叠纪	三叠纪	侏罗纪	白垩纪	第三纪	合 计
东北	44.32	0.48	1.19	54.05	3729.97	103.05	3933.06
华北	13781.43	2.95	35.71	14198.49	22.15	77.84	28118.57
华南	51.15	3404.90	128.02	3.02	—	196.45	3783.54
西北	184.78	12.01	0.72	19586.41	2.08	—	19786.00
滇藏	31.30	24.14	6.82	2.15	0.20	11.71	76.32
全国总计	4092.98	3444.48	172.46	33844.12	3754.40	389.05	55697.49

由表 3 可知，我国煤炭资源分布广但很不均衡，呈现北富南贫、西多东少的特点：90.3% 的已发现煤炭资源分布在秦岭—大别山一线以北的北方地区，其中华北赋煤区占 65.4%，西北赋煤区占 12.0%，东北赋煤区占 12.9%，而南方则不足 10%；如果以大兴安岭—太行山—雪峰山一线为界，89% 的已发现煤炭资源位于西部地区，而东部地区仅有 11%。也就是说，经济相对滞后、生态环境脆弱的西部地区，煤炭资源多；东部地区经济发达、煤炭需求市场大，但煤炭资源少。

煤炭资源开采是欧洲工业革命以来形成的世界性传统产业，已有近 300 年的煤矿开采史，但早期的开采活动都是以人工方式进行的，开采深度和产量有限。世界煤炭生产从

20 世纪 50 年代开始稳步增长；从 20 世纪 90 年代中期开始，世界煤炭产量又略有下降，从 1996 年的 $46 \times 10^8 \text{t}$ 降到 2000 年的 $41.9 \times 10^8 \text{t}$ 。其中，居前 10 位产煤国家的煤炭产量约占 85.4%，目前世界原煤产量维持在 $50 \times 10^8 \text{t}$ 左右。

随着浅部煤炭资源的枯竭，煤矿的开采深度在不断地增加。一些老牌产煤国家老煤矿的采煤深度已经接近或超过 1000m。如英国的平均采煤深度 700m，最深 1000m；德国的平均采煤深度 947m，最深 1713m（鲁尔矿区）；波兰的平均采煤深度为 690m，最深 1300m（上西里西亚盆地的 Pniowek 煤矿）；乌克兰的顿巴斯矿区、俄罗斯的库茨涅茨克矿区一些矿井的采煤深度达 1200 ~ 1400m。我国的平均开采深度为 500m 左右，其中华北东部地区的平均开采深度为 647m。

据不完全统计，国外开采超 1000m 的金属矿山有 80 多座。南非多数金矿的开采水平都在 1000m 以下，其中 AngloGold 公司西部金矿的采矿深度达 3700m，West Driefvonten 金矿矿体赋存在地下 600 ~ 6000m。印度 Kolar 金矿区已有 3 座矿山的采深超过 2400m，钱皮恩里夫金矿共开拓 112 个阶段，总深度 3260m。俄罗斯的克里沃罗格铁矿区的捷尔任斯基、基洛夫、共产国际等 8 座矿山深度达 910m，目前的开拓深度为 1570m，未来将达到 2000 ~ 2500m。另外，加拿大、美国及澳大利亚的一些有色金属矿山采深也超过 1000m^[2]。

从世界各主要采煤国的开采历史看，煤炭资源的开采遵循着由浅到深的发展过程。20 世纪 60 年代后期，世界各采煤国都陆续快速地进入深部开采阶段。1960 年，德国矿井平均采深为 650m，到 1987 年，其平均采深已接近 900m，年平均采深约增加 9m；1990 年，德国有许多矿井的实际开采深度超过 1200m，2000 年全国煤矿的平均采深达到 1042m；目前，德国超过 1000m 采深的工作面约占 40%，伊本比伦矿的最大采深已达到 1450m（第 59 煤层）。前苏联的矿井平均采深在 1975 年为 415m，1984 年仅顿涅茨克煤田的平均采深就已达 700m，采深大于 800m 的矿井已有 80 个，其中 66 个集中在顿巴斯矿区，24 个矿井深度已超过 1000m，最深矿井深度已达 1400m，到 2000 年有 38 ~ 40 个矿井采深超过 1000m。英国矿井平均采深已由 1974 年的 470m 增加到 1986 年的 520m，目前矿井深度大于 750m 的工作面个数已占工作面总数的 17.9%，最深矿井深度已达 1220m。

各国采矿业的日益强化，使浅部易采矿产资源日趋殆尽，向深部寻找和开发矿产资源已成为目前与今后各国采矿业发展的必由之路。以德国为例，在 1200 ~ 1500m 深部拥有的煤炭储量约为 $115 \times 10^8 \text{t}$ ，经济可采储量约为 $46 \times 10^8 \text{t}$ ，约占总储量的 40%；目前，全国商品煤产量的 10% 产自深于 1000m 深度；到 2000 年产自深于 1000m 的煤炭产量占总产量的 43%，预计到 2025 年将超过 60%^[4]。

所谓深部开采的界定只是相对概念，从地质学的概念来说，大深度指的是地表以下一定的距离。不同的学者从不同的工程性质出发，对大深度有着不同的理解和认识。对于一般的地下工程而言，大深度是指开挖工程将导致围岩中出现超应力状态从而产生岩体的破坏和失效。按照这种理解，一个矿井开采深度能否被认为深，这主要取决于矿山工程层位的岩体强度。不同岩体强度中的采矿工程对大深度的理解是不一样的。如花岗岩、变质石英岩等高强度岩体中，深度超过 1800 ~ 2000m 的矿山才被认为是大深度（如南非、印度和加拿大等的金矿）。而对于岩体强度相对较小的砂、泥岩类煤矿，采掘深度超过 500m 时则被认为就是深矿井了。即使同样针对煤炭资源开采，因各国煤矿地质条件与开采条件的差异，对深度标准的界定也不一样。据相关资料表明，英国与波兰煤矿把深部开采的起