

含煤系统 理论体系及应用

李增学 吕大炜 刘海燕 王东东 著
余继峰 王平丽 刘莹



科学出版社

含煤系统理论体系及应用

李增学 吕大炜 刘海燕 王东东 著
余继峰 王平丽 刘莹

本书得到“河北省煤炭资源综合开发与利用协同创新中心”、
“山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室”的资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统阐述了含煤系统理论体系的形成及基础、含煤系统的时空构成、聚煤盆地系统与含煤地层层序地层分析、煤聚积多元理论体系、含煤系统与精细聚煤古地理、含煤系统研究与资源预测、协同勘查体系与模式等内容,从全新的视角论述了含煤系统的研究方法与勘查实践,注重多学科融合与交叉,反映了煤地质学在融合相关学科理论与方法方面的新进展。

本书可作为从事煤地质学基础研究、煤田地质勘探、煤系天然气与煤系非常规油气地质领域研究的工作者的参考书,也可以作为高校研究生教学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

含煤系统理论体系及应用/李增学等著. —北京:科学出版社,2016.3
ISBN 978-7-03-046156-8

I. ①含… II. ①李… III. ①煤系-系统理论-研究 IV. ①P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 256516 号

责任编辑:万群霞 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:张 倩 / 封面设计:华路天然工作室

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>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:20 3/4

字数:488 000

定价:158.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

现代煤地质学通过不断吸收有关学科的新理论、新方法和新思路,以及本学科不断涌现的新成果和成煤模式得到了快速发展。沉积学、地层学、构造地质学、层序地层学等学科的某些理论与方法已成为煤地质学的重要组成部分。“含煤系统”理论是近年来提出的新概念,是煤地质学进入新世纪以来的重要成果之一。

传统的煤地质学主要研究煤、煤体及煤层固体部分,气态与液态部分仅作为煤的“有益矿产”进行简单介绍,没有作为煤地质学的重点。但随着与煤相关的天然气、煤成油等研究的理论进展与相关资源的勘探、开发,煤地质学不单是成煤的理论问题,而是涉及固态、气态、液态共生、伴生、共存等若干复杂的科学问题。

随着煤层气、煤系页岩气研究及其勘探开发技术的进步,以及煤系游离气地质研究的发展,煤地质学与天然气地质学、勘查地质学、计算机科学技术、测试技术等有关的学科和先进技术紧密结合,使煤地质学成为当代能源地质及资源评价的重要基础学科之一。煤地质学与其他学科结合则可以产生新的边缘学科理论。如与油气地质学的紧密结合,可以解决与煤有关的天然气、液态油的机制、成藏问题,两者之间的链接桥梁就是含煤系统理论与研究方法,可以认为这是对含煤系统的一个客观定位。

含煤系统研究涉及的内容非常广泛,特别是在煤层气藏研究、煤系游离气藏研究成为热点以来,煤地质学研究不再是单纯的成煤作用及环境、聚煤盆地及煤聚积规律研究,而是基于以煤为核心的多学科为一体的综合性地质研究,是与煤地质学有关的各学科之间进行协同研究的系统过程。

李增学教授等撰写的《含煤系统理论体系及应用》专著的问世,首次较为完整系统地论述了含煤系统理论、格架构建及其应用,这是作者多年从事该方面研究的总结和提升。含煤系统强调成煤作用与聚煤盆地、聚煤作用等重要概念,同时也要指出聚煤盆地、含煤盆地、煤层气盆地等与含煤系统含义的融合与统一,这些概念是构建含煤系统的重要理论基础。

该书强调含煤系统及各子系统的构建,必须紧密结合煤田地质特征、煤系与煤层的形成过程及机制、成煤作用及与煤系、煤层热演化伴生的各种资源形成特点,系统介绍多元聚煤理论,并借鉴含油气系统的思路、理论、方法及技术,汲取国外对含煤系统及有关概念的界定和划分标志,运用煤地质学及相关学科等多学科交叉的学术思路和综合的研究方法,这是非常重要和科学的,也是“含煤系统”具有先进性和创新性的关键所在。

目前, 时值我国能源资源结构调整的重要时期, 也是与煤系有密切关系的煤层气、煤系页岩气等非常规油气资源基础研究、勘探与开发正蓬勃发展之时, 洁净能源将是今后国家经济建设和人类生活的主要能源。该书的出版不仅对传统的煤地质学理论研究起推动作用, 而且对我国今后与煤系有关的能源资源研究、评价、勘查与开发利用等方面, 也必将发挥重要的指导作用, 为培养能源地质人才做出重要贡献。

中国工程院院士
中国矿业大学(北京)教授

彭东萍

2015年9月

前 言

我国煤地质工作者多年来进行的煤地质研究,在国际煤地质学界已具有自己的特色。现代煤地质学不断吸收盆地分析和层序地层的最新研究方法,如聚煤盆地的整体分析、含煤地层的精细对比、与煤系有关的天然气成藏研究等,使该研究领域出现了新的景象。现今,煤地质研究逐渐与沉积学及岩石学、古生物学及地层学、层序地层学,以及构造地质学等相互借鉴、融为一体,这是煤地质学进入新世纪以来的最新动向和未来的发展趋势。煤地质学研究者与勘探、开发技术工作者们坚持追踪与创新并举的思路,提出了不同的成煤模式和理论,丰富和发展了煤地质学的理论体系。特别是盆地分析与沉积体系分析的理论与方法,给古老的煤地质学研究带来新的思路和方法。与煤系有关的液态油、非常规天然气等有关科学问题的研究及相关资源的发现与开发利用,不断促进着煤地质学科的完善与发展。

近年来,我国学者在煤地质基础理论研究方面提出了“聚煤作用系统”,倡导从全球地质作用的角度考虑成煤问题,扩大了煤地质学的视野,开阔了煤地质学的研究领域,代表了煤地质学基础理论的某些发展。

需要指出的是,相对于地学的其他分支学科,如年代地层学与定量地层学、沉积学与盆地分析、石油天然气地质学、非常规油气地质学等的理论、研究方法的快速发展,煤地质学的发展明显表现出滞后。随着煤系中共伴生及共存资源的发现、开发与利用(如煤层气、煤系页岩气、煤成油、油页岩等),以及勘探与开发技术的进步和煤系游离气地质研究的发展,迫使煤地质学必须及时吸收相关学科的新思路和新理论,与现代沉积学、天然气地质学、勘查地质学、计算机科学技术、测试技术等相关的学科和先进技术紧密结合,以改变被动发展的状况。只有这样,才能使学科体系和理论得到发展,并有所开拓和创新。为此,本书试图围绕含煤系统的构建及其子系统的划分,从理论与实践上加以论述,以期对煤地质学基础理论的完善发挥一定的作用。

国内外已有一些零星的学术文章对含煤系统做过报道和论述,但没有对其进行系统升华、系统化、理论化及对其基本框架进行构建。为此,本书首次完整、系统地论述了含煤系统理论、框架构建及其应用,是笔者多年从事这方面研究的总结和提升。含煤系统中强调成煤作用与聚煤盆地、聚煤作用等重要概念,同时也指出聚煤盆地、含煤盆地、煤层气盆地等与含煤系统含义的融合与统一,而这些概念又是构建含煤系统的重要理论基础。

在能源地质学科体系中,煤地质学与油气地质学是各具特色的两大独立学科,各自具有成熟的理论体系和研究系统。但 20 余年来由于煤系中有关油气地质的科学问题不断提出,两大学科的紧密结合和渗透,形成了一个新的边缘学科领域。需要指出的是,盲目运用油气地质学的观点、思路和已经形成的理论体系去解决与煤有关的天然气、液态油的机制、成藏问题,往往不会获得理想的效果。若用油气地质学发展而来的含油气系统理论与研究方法、技术去解决与煤相关的天然气、煤成油等科学问题,必然存在一系列难以解

释的问题。本书提出的含煤系统是上述两大系统间的一个重要桥梁。含煤系统有其独特的理论和研究体系,是油气地质学与煤地质学交叉结合产生的边缘学科。与煤相关的油和气大多属于非常规油气地质领域,且与油气地质学中的“非常规”相比还具有特殊性和复杂性。

含煤系统研究所涉及的内容非常广泛,特别是在煤层气藏、煤系页岩气成藏、煤系游离气藏研究成为热点以来,煤地质学研究不再是单纯的成煤作用及环境、聚煤盆地及煤聚积规律研究,而是基于以煤为核心的多学科为一体的综合性地质研究,是与煤地质学有关的各学科之间进行协同研究的系统过程。构建含煤系统及各子系统必须紧密结合煤田地质特征、煤系与煤层的形成过程及机制、成煤作用及与煤系、煤层热演化伴生的各种资源形成特点,并借鉴含油气系统的思路、理论、方法及技术,汲取国外对含煤系统及有关概念的界定和划分标志,运用煤地质学及相关学科等多学科交叉的学术思路 and 综合研究方法,提出具有实际意义的含煤系统格架。

全书共9章。编写人员及分工如下:前言、第1章、第3章、第9章由李增学编写;第2章由吕大炜、王东东、刘海燕、王平丽、刘莹编写;第4章由吕大炜、李增学、刘海燕、余继峰、王平丽编写;第5章由李增学、吕大炜、王东东、刘海燕编写;第6章由吕大炜、李增学、刘海燕、王平丽、王东东编写;第7章由吕大炜、王东东、李增学编写;第8章由李增学、吕大炜、刘海燕编写;最后由李增学、吕大炜统编与定稿。

本书是国家自然科学基金项目(编号分别为41272172、49272122、49872057、40742010、41472092、41202070、41402086、41402011)、山东省自然科学基金项目(ZR2015JL016、ZR2013DQ019)、中国石油化工股份有限公司前瞻性课题(YPH08059)、国家973项目专题(2003CB214608)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目(20123718110004、20050424001),以及山东省高等学校科技计划项目(J14LH06)等项目和课题的综合成果。也是在笔者多年从事煤地质、煤层气地质、煤系沉积学、含煤地层层序地层分析、聚煤盆地分析等研究的基础上,结合近年来所开展的含煤系统研究及实践的科研成果编写而成。本书涉及的研究工作得到了中国煤炭地质总局和山东、安徽、河北、河南等煤田地质系统同行的支持和帮助,得到了中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司和中原油田分公司、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、中海石油(中国)有限公司勘探开发研究院、中煤地质工程总公司、中国煤炭地质总局第一勘探局等同行和领导的大力支持和通力协作。值此专著出版之际,向上述同行、领导表示衷心的感谢!

由于著者水平所限,书中不足之处敬请读者批评指正。

作 者

2015年9月

目 录

序

前言

第 1 章 含煤系统理论体系的形成	1
1.1 含煤系统的提出与形成	1
1.2 含煤系统研究的主要内容	2
1.2.1 含煤系统的地质要素	2
1.2.2 含煤系统的主要地质作用研究	3
1.2.3 含煤系统的确定	5
1.2.4 含煤系统的描述	6
第 2 章 含煤系统理论基础	7
2.1 我国主要聚煤期与含煤地层特征	7
2.1.1 石炭—二叠纪聚煤特征	9
2.1.2 晚三叠世聚煤特征	17
2.1.3 早中侏罗世聚煤特征	21
2.1.4 早白垩世聚煤特征	24
2.1.5 古近纪、新近纪聚煤特征	27
2.2 主要聚煤盆地分布与划分.....	32
2.2.1 我国主要聚煤盆地的分布.....	32
2.2.2 聚煤盆地类型的多样性	35
2.3 聚煤古构造.....	38
2.4 构造、古地理演化与赋煤特征	41
2.5 我国聚煤规律概述.....	42
第 3 章 含煤系统的时空构成	44
3.1 含煤系统时空格架.....	44
3.2 含煤系统各子系统的构建(界定)原则.....	44
3.3 含煤系统各子系统的基本属性特点.....	47
3.3.1 煤系的地层格架子系统	48
3.3.2 煤层(群)形态子系统	48
3.3.3 煤变质及煤类形成子系统.....	49
3.3.4 赋煤区块子系统	50
3.3.5 煤层气(非常规)成藏子系统	50
3.3.6 煤系游离气成藏子系统	50

第 4 章 聚煤盆地系统与含煤地层层序地层分析	51
4.1 大型陆表海聚煤地层层序地层	51
4.1.1 高分辨率层序地层划分	51
4.1.2 陆表海层序地层样式	66
4.2 浅水三角洲含煤地层层序地层	67
4.2.1 沉积学研究	68
4.2.2 沉积对比分析	71
4.3 大型陆相聚煤地层层序地层	74
4.3.1 关键的层序地层界面特征	74
4.3.2 层序地层划分方案	76
4.4 断陷聚煤地层层序地层	85
4.4.1 黄县地层层序地层划分与对比	85
4.4.2 黄县盆地典型钻井层序地层划分与成煤特征	92
4.4.3 黄县地层层序剖面与成煤特征	94
4.4.4 柴达木地层层序地层划分与对比	98
第 5 章 煤聚积多元理论体系	103
5.1 泥炭与泥炭沼泽	103
5.1.1 泥炭沼泽及其形成条件	103
5.1.2 泥炭沼泽形成的方式	106
5.1.3 泥炭沼泽的类型	108
5.2 成煤的原地堆积与异地堆积	111
5.2.1 原地堆积成煤机制及其条件	111
5.2.2 异地堆积成煤机制及其条件	111
5.3 海平面变化与海侵事件成煤	112
5.3.1 沉积旋回与旋回层序	112
5.3.2 海侵事件及背景分析	117
5.3.3 海侵事件成煤机制	133
5.3.4 海侵期事件古地理研究	144
5.4 事件沉积与事件成煤作用	153
5.4.1 海侵事件成煤理论与模式	153
5.4.2 幕式成煤	155
5.4.3 火山事件	158
5.4.4 风暴事件沉积	160
5.5 同沉积构造与控煤作用	164
5.5.1 聚煤盆地基底先存构造	165
5.5.2 成盆期同沉积构造	168
5.6 盆地属性与聚煤作用	174
5.6.1 盆地属性	174

5.6.2	事件与聚煤作用的关系	185
5.6.3	层序地层学与聚煤作用	187
5.6.4	陆相拗陷盆地层序地层式样与成煤模式	193
5.6.5	陆相断陷盆地层序地层结构与聚煤模式	198
5.6.6	柴达木盆地聚煤模式	199
5.7	多元聚煤理论体系的建立	202
5.7.1	多元聚煤理论体系建立的基本原则和立论基础	202
5.7.2	多元聚煤理论体系的基本内核及构建	203
第6章	含煤系统与精细聚煤古地理——以华北晚古生代为例	205
6.1	含煤地层划分与对比	205
6.1.1	华北石炭纪含煤地层	205
6.1.2	华北二叠纪含煤地层	208
6.1.3	华北晚古生代含煤地层对比	211
6.1.4	重要地层界线的讨论	214
6.2	晚石炭世古地理	215
6.3	早二叠世古地理	222
6.4	中二叠世古地理	225
6.4.1	空谷期—罗德期岩相古地理	227
6.4.2	沃德期—卡匹敦期岩相古地理	227
6.5	晚二叠世古地理	229
第7章	含煤系统研究与资源预测	231
7.1	华北含煤系统域划分	231
7.2	鲁西含煤系统	231
7.2.1	鲁西含煤系统构造格架	231
7.2.2	鲁西含煤系统边界确定及划分	233
7.2.3	鲁西地区典型含煤系统划分	235
7.2.4	鲁西典型区块含煤系统构成	237
7.3	鄂尔多斯含煤系统	275
7.3.1	鄂尔多斯含煤系统构造格架	275
7.3.2	鄂尔多斯盆地典型含煤系统边界确定与划分	277
7.3.3	鄂尔多斯盆地典型区块含煤系统构成	278
第8章	协同勘查体系与模式	299
8.1	含煤系统与多能源矿产	299
8.1.1	综合勘查与协同勘查的异同分析	299
8.1.2	协同勘查的理论体系构成要素	300
8.2	协同勘查体系的构成	301
8.2.1	关键技术体系及协同关系	301
8.2.2	协同勘查模式的构建	302

8.2.3 协同勘查的目标实现	303
8.3 协同勘查关键技术	303
8.3.1 概述	303
8.3.2 新体系构建模式确立原则	304
8.3.3 多种能源矿产同益共存富集协同勘探基本思路	304
第9章 展望	308
9.1 含煤系统与相关概念的链接	308
9.2 含煤系统的作用	309
9.3 含煤系统理论的核心及发展方向	310
主要参考文献	311

CONTENTS

Foreword

Introduction

Chapter 1 Formation of Coal System Theoretical System	1
1.1 Formation of coal system	1
1.2 Main contents of coal system	2
1.2.1 Geological elements of coal system	2
1.2.2 Main geological processes of coal system	3
1.2.3 Determination of coal system	5
1.2.4 Description of coal system	6
Chapter 2 Theoretical Basis of Coal System	7
2.1 Main coal-accumulating periods and coal bearing strata of China	7
2.1.1 Coal-accumulating features of Carboniferous-Permian	9
2.1.2 Coal-accumulating features of Late Triassic	17
2.1.3 Coal-accumulating features of Early-Middle Jurassic	21
2.1.4 Coal-accumulating features of Early Cretaceous	24
2.1.5 Coal-accumulating features of Paleogene-Neogene	27
2.2 Distribution and division of main coal-accumulating basins in China	32
2.2.1 Distribution characteristics of the main coal-accumulating basin in China	32
2.2.2 Diversity of coal-accumulating basin types	35
2.3 Coal-accumulating paleotectonic	38
2.4 Tectonics, paleogeographic evolution and coal occurrence characteristics	41
2.5 China coal accumulating law overview	42
Chapter 3 Formation of Time and Space of Coal System	44
3.1 Time and space framework of coal system	44
3.2 Building (define) principle of each subsystem of coal system	44
3.3 Basic attributes of each subsystem of coal system	47
3.3.1 Coal measures stratigraphic frame subsystem	48
3.3.2 Coal seam (group) form subsystem	48
3.3.3 Coal metamorphism and coal class forming subsystem	49
3.3.4 Coal occurrence block subsystem	50
3.3.5 Coalbed methane (unconventional) accumulation subsystem	50
3.3.6 Coal free gas accumulation subsystem	50

Chapter 4 Coal-accumulating Basin System and Coal-bearing Strata Sequence Stratigraphy Analysis	51
4.1 Sequence stratigraphy characteristics of large epicontinental coal-accumulating basin	51
4.1.1 High-resolution sequence stratigraphy division	51
4.1.2 Epicontinental sea basin sequence stratigraphy pattern	66
4.2 Shallow water delta coal-bearing basin sequence stratigraphy	67
4.2.1 Study of sedimentology	68
4.2.2 Comparative analysis of sediments	71
4.3 Sequence stratigraphy of large continental coal-accumulating basin	74
4.3.1 Features comparison of sequence stratigraphy boundary	74
4.3.2 Sequence stratigraphy classification scheme	76
4.4 Sequence stratigraphy characteristics of fault coal-accumulating basin	85
4.4.1 Division and correlation of sequence stratigraphy of Huangxian basin	85
4.4.2 Typical drillings sequence stratigraphy division and coal-forming characteristics of Huangxian basin	92
4.4.3 Typical sections sequence stratigraphy division and coal-forming characteristics of Huangxian basin	94
4.4.4 Sequence stratigraphy division and correlation of Qaidam basin	98
Chapter 5 Coal Accumulation Multivariate Theory System	103
5.1 Peat and peat swamp	103
5.1.1 Peat swamp and formation condition	103
5.1.2 Formation types of peat swamp	106
5.1.3 Peat swamp types	108
5.2 In-situ accumulation and allopatry accumulation of coal-forming pattern	111
5.2.1 In-situ accumulation coal formation mechanism and conditions	111
5.2.2 Allopatry accumulation coal formation mechanism and conditions	111
5.3 Sea level change and marine transgression event coal	112
5.3.1 Sedimentary cycle and cyclic sequence	112
5.3.2 Analysis of transgression event and background analysis	117
5.3.3 Transgression event coal formation mechanism	133
5.3.4 Transgression event paleogeography	144
5.4 Event deposits and event coal formation	153
5.4.1 Theory and model of transgression event coal formation	153
5.4.2 The episodic coal formation	155
5.4.3 Volcanic event	158

5.4.4	Storm event deposits	160
5.5	Contemporaneous tectonic and coal-controlling	164
5.5.1	Pre-tectonic of coal-accumulating basin basement	165
5.5.2	Basining period contemporaneous tectonic	168
5.6	Basin attribute and multiple coal accumulation model	174
5.6.1	Basin attribute	174
5.6.2	Relationship between events and coal accumulation	185
5.6.3	Sequence stratigraphy and coal accumulation	187
5.6.4	Sequence stratigraphy pattern and coal accumulating model of continental depression basin	193
5.6.5	Sequence stratigraphic pattern and coal accumulating model of continental fault basin	198
5.6.6	Coal accumulating model of Qaidam basin	199
5.7	Construction of multi-coal forming theory system	202
5.7.1	Main principle and theoretical basis	202
5.7.2	Basin content and construction	203
Chapter 6 Coal System and Accurate Coal Accumulating Paleogeography—Taking North China of Late Paleozoic for Example		205
6.1	Coal-bearing strata division and correlation	205
6.1.1	Carboniferous coal-bearing strata of North China	205
6.1.2	Permian coal-bearing strata of North China	208
6.1.3	Late Paleozoic coal-bearing strata correlation of North China	211
6.1.4	Discussion of important stratigraphic boundaries	214
6.2	Late Carboniferous paleogeography	215
6.3	Early Permian paleogeography	222
6.4	Middle Permian paleogeography	225
6.4.1	Kungurian-Rhodes Age lithofacies paleogeography	227
6.4.2	Ward-Capitanian Age lithofacies paleogeography	227
6.5	Late Permian paleogeography	229
Chapter 7 Coal System Research and Resource Prediction		231
7.1	Division of North China coal system	231
7.2	Western Shandong coal system	231
7.2.1	Tectonic framework of western Shandong coal system	231
7.2.2	Boundary determination and division of western Shandong coal system	233
7.2.3	Typical coal system division of western Shandong	235
7.2.4	Typical block coal system composition of western Shandong	237
7.3	Ordos Basin coal system	275
7.3.1	Tectonic framework of Ordos Basin coal system	275

7.3.2	Boundary determination and division of Ordos Basin typical coal system	277
7.3.3	Typical region coal system composition of Ordos Basin	278
Chapter 8	Collaborative Exploration System and Models	299
8.1	Coal system and multiple energy minerals	299
8.1.1	Similarities and differences analysis between comprehensive exploration and collaborative exploration	299
8.1.2	Elements of collaborative exploration theory system	300
8.2	Composition of collaborative exploration system	301
8.2.1	Key technology system and the collaborative relation	301
8.2.2	Collaborative exploration model construction	302
8.2.3	Goal of collaborative exploration	303
8.3	Key technology of collaborative exploration	303
8.3.1	Summary	303
8.3.2	Establishment principle of new system construction mode	304
8.3.3	Collaborative exploration basic idea of multiple energy minerals coexistence and enrichment in same basin	304
Chapter 9	Prospect	308
9.1	Connection of coal system and related concepts	308
9.2	Role of coal system	309
9.3	Core of coal system theory and the development direction	310
Main References		311

第1章 含煤系统理论体系的形成

1.1 含煤系统的提出与形成

我国煤地质工作者多年来进行的煤地质研究包括聚煤盆地构造、成煤环境、煤聚积规律与成煤作用模式等方面,取得了大量研究成果,不但丰富了煤地质学科的基础理论,而且为我国经济建设做出了卓越贡献(杨起和韩德馨,1979;李思田等,1992;陈钟惠等,1993;刘焕杰等,1997;尚冠雄,1997;邵龙义,1997;陈世悦和刘焕杰,1999;李思田,1999;中国煤炭地质总局,2001;张鹏飞,2001,2003;李增学等,2002,2003;吕大炜等,2008)。我国煤地质理论在国际煤地质学界具有自己的特色,特别是将层序地层学理论应用于煤地质研究和 Diessel(1992)提出“海侵过程成煤模式”以来,煤地质研究呈现出新的发展趋势,成煤作用理论研究取得很大进展。现代煤地质学不断吸收盆地分析和层序地层的分析方法,如聚煤盆地的整体分析、含煤地层的精细对比、与煤系有关的天然气成藏研究等,研究领域出现了新的景象。煤地质研究已经与沉积学、地层学、层序地层学等研究融为一体。几代煤地质工作者多年来坚持追踪与创新并举,提出了不同的成煤模式和理论,丰富和发展了煤地质学理论体系。特别是沉积体系分析的理论与方法,给古老的煤地质学研究带来了新的思路和方法。沉积体系的系统论和从三维空间追踪沉积体的思路,使煤层作为一种特殊沉积体,在沉积体系中的三维分布及其受整体水动力控制机制分析有了全新的概念。煤层的发育在整个沉积体系中成为关键,在分析煤聚积规律和聚煤盆地充填和进行层序及内部单元划分时,煤层或煤的聚积过程已经成为对比的钥匙。

在煤地质基础理论研究方面,我国学者提出聚煤作用系统论,认为“煤的聚集受多种因素的影响,这些因素既相互独立,又相互联系、相互制约,构成了一个复杂的聚煤作用系统,煤的聚集是聚煤作用整体作用的结果”,这是我国首次进行煤地质学有关“系统论”的研究,并提出了聚煤盆地系统、煤层(煤层组)子系统的概念,对聚煤作用研究和煤地质学的发展具有开创意义(中国煤炭地质总局,2001)。

我国学者赵忠新等(2002)就含煤系统做过一些论述,认为含煤系统的基本要素有:物源、聚煤环境、地下热流。有关的成煤作用包括泥炭的原地堆积-异地搬运作用、地壳旋回运动所引起的埋藏作用和成煤阶段的热变质作用。这些基本要素和成煤作用必须在时间空间上相配置,才有可能形成有工业价值的煤层。含煤系统在时间上可以分为物质来源子系统、物质堆积子系统、埋藏变质子系统。在空间上可以分为若干低一级的与此含煤系统特征相似的含煤子系统。把含煤系统定义为一个自然系统,这个自然系统包括煤层、含煤岩系、含煤岩系的沉积相及所有与煤形成有关的各种地质作用。

上述有关含煤系统的定义和子系统的构建及划分,实际上是围绕着成煤作用过程,无论是聚煤作用系统还是含煤系统的构建,都较侧重基础研究,因此还有不尽完善的地方。

此外,对生烃物质的热演化如多次变化、变质及多期成藏等,含煤岩系的后期改造、保存、二次或多次受热过程、生烃与煤层气藏和煤系游离气藏形成等,在构建含煤系统时应着重考虑。

美国学者(Warwick and Milici,2005; Milici et al., 2001)提出的含煤系统(也称煤系统)的概念,一方面把煤地质学的各个分支学科置于统一的研究框架之下,从而弥补了煤地质学家通常仅对有限的煤地质领域(如含煤岩系的地层学、单纯的煤岩煤质研究和沉积学)感兴趣,以及系统性和完整性不足的缺陷;另一方面把含煤系统分析方法作为组织、集成煤盆地(煤田)各种地质信息的重要工具。阿巴拉契亚(Appalachian)煤盆地成煤系统(Milici,2005)研究是一个成功的范例,相关学术思想与研究思路已引起国内煤田地质界的关注。显然,Milici等(2001)提出的含煤系统无论从理论模型还是从实际研究工作来看,都是比较科学和完整的。

1.2 含煤系统研究的主要内容

含煤系统研究所涉及的内容非常广泛,特别是在煤层气藏研究、煤系游离气藏研究成为热点以来,煤地质研究不再是单纯的成煤作用及环境、聚煤盆地及煤聚积规律的研究,而是一种综合性的研究,是与煤地质学有关的各学科之间进行协同研究的系统过程。因此,构建含煤系统,必须克服以往煤田地质研究、勘探与煤炭开发等的单一性缺陷。

构建含煤系统及各子系统必须紧密结合煤田地质特征、煤系与煤层的形成过程及机制、成煤作用及与煤系、煤层热演化伴生的各种资源形成特点,并借鉴国外对含煤系统及有关概念的界定和划分标志,运用煤地质学及相关学科等的多学科交叉思路和综合研究方法,提出具有实际意义的系统格架。

成煤的所有地质作用(包括物质形成、物质聚积、构造和热事件等)理论是构建含煤系统的基础,而最终形成的实体(如煤系、煤层、天然气等)是构建含煤系统及其子系统的依据。因此,需要从时空角度理顺关系。这是本书构建含煤系统及其研究内容、方法的基本思路。

1.2.1 含煤系统的地质要素

含煤系统的地质要素主要包括煤系、煤层(群)、顶板岩层、底板岩层,煤系游离气储集岩和盖层,以及煤系上覆岩层等静态因素,还包括构造演化、进入煤系煤层中水的聚集与流动、煤系游离气运移、煤层气的吸附与解析动力学平衡等动态因素。煤系、煤层(群)是含煤系统中的主体,煤系又称含煤岩系,是指一套在成因上有共生关系并含有煤层(或煤线)的沉积岩系。其同义词有含煤沉积、含煤地层、含煤建造等。含煤岩系是具有三维空间形态的沉积实体,特指含有煤层的一套沉积岩系,是充填于含煤盆地具有共生关系的沉积总体。含煤岩系的顶、底界面不一定是等时性界面,既可以是等时的,也可以是不等时的。一切因素分析都紧紧围绕煤层(群)的形成、展布规律开展,煤层是评价资源潜力的主体,也是煤层气的载体。此外,地质要素还应该包括岩浆岩分布、岩溶塌落体等。以上因素共同构成含煤系统的地质要素。