

● 秦建中 贾蓉芬 郭爱明 等 著

华北地区 煤系烃源层油气 生成·运移·评价

科学出版社

P618.130.1
Q-439

华北地区煤系烃源层油气 生成·运移·评价

秦建中 贾蓉芬 郭爱明 等著

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书是华北石油管理局勘探开发研究院和中国科学院广州地球化学研究所自“六五”以来合作研究煤成烃的总结。全书共8章,第1~3章从煤系烃源层聚集与分散有机质的动态平衡,物质成分与物质结构的相互关系,论述了煤成烃的生成、演化、运移机理;第4章为煤成烃综合评价研究方法,除通常油气评价外,还着重介绍了与煤成烃特征有关的油气评价新技术和新方法,烃源层的古埋深、古温度与生烃量计算方法等;第5~8章从煤成烃理论 and 不同地质背景入手,重点阐述了冀晋地区特别是冀中东北部石炭系和二连盆地侏罗系的地质概况、煤系烃源岩的分布、有机岩石学、热演化及生烃史、油气源对比、煤层气、煤成烃综合评价研究。本书有大量图表及80幅有机显微照片。

本书可供广大石油地质、勘探工作者,科研人员及大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

华北地区煤系烃源层油气生成·运移·评价/秦建中等著. -北京:科学出版社,2000.2

ISBN 7-03-007754-7

I. 华… II. 秦… III. 煤系-石油生成-华北地区 IV. P618.130.1

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第29798号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

丽泽印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000年2月第一版 开本:787×1092 1/16

2000年2月第一次印刷 印张:23 1/2 插页:6

印数:1-1 000 字数:542 000

定价:50.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

作 者 名 单

秦建中	贾蓉芬	郭爱明	赵 林
王 静	刘德汉	王东良	张文龙
王 拯	李书琴	李志鹏	缪卫东
郭树芝	杜秀英	李 欣	

作 者 单 位

华北石油管理局勘探开发研究院(河北任丘市 邮编 062552)

中国科学院广州地球化学研究所(广东省广州市五山 邮编 510640)

49

序

近 20 年来,我国石油科学技术取得了很大成就,推动了石油和天然气工业的迅速发展。石油和天然气地质学理论、技术、方法、设备不断完善、提高和创新。新理论、新技术、新方法和新设备的出现和应用已使油气地质新领域——煤系烃源岩的研究得到越来越多的石油地质工作者、勘探工作者的高度重视。在国内,华北石油管理局勘探开发研究院率先开展了煤成油的研究,苏桥油气田苏 20 井 1983 年在石炭-二叠系地层中首喷煤成油气,现又在开展煤层气的研究与勘探,这对我国煤系地层油气勘探起着重要的作用。

10 余年来华北石油管理局勘探开发研究院与中国科学院广州地球化学研究所友好的合作,使新技术、新方法不断地在油田得到应用和完善。并在煤系烃源岩成烃过程、运移机理和不同于一般生油岩的煤系地层油气评价方面积累了大量资料。在此基础上,他们撰写了《华北地区煤系烃源层油气生成·运移·评价》这一部专著。该著作就是他们在“六五”、“七五”、“八五”期间共同承担和完成的国家级、部局级有关煤成烃项目中烃源岩研究成果的重要组成部分。作者们针对华北特定的地质地球化学条件,立足冀晋地区、特别是冀中东北部石炭系和二连盆地侏罗系煤成烃的勘探实践,从煤系地层煤成烃的形成机理出发,系统地分析研究了华北地区特别是冀中东北部石炭系和二连盆地侏罗系烃源岩及其煤成烃的形成、演化、运移特征和综合评价方法等,全面总结了煤系地层烃源岩的研究成果,丰富了该地区煤成烃的理论和科学实践,为今后在该区找到更多的煤成油、煤成气和煤层气提供了重要的科学依据。

本著作图文并茂,内容丰富,信息量大,推论有据,具有较高的学术水平和重要的实用价值。

中国科学院院士:戴金星

1998 年 5 月

前 言

煤系地层是近 20 年油气勘探的新领域。我国含煤沉积时代主要是石炭-二叠纪和侏罗纪。华北地区具有石炭-二叠纪和侏罗纪的二套煤系烃源层及良好的油气勘探远景。

华北地区的煤成油、煤成气研究始于 80 年代初,特别是 1983 年从苏 1 井奥陶系获高产油气流后,由于冀中拗陷南部的深县凹陷和北部的廊固凹陷,在具有石炭纪煤系分布的地区天然气都比较丰富并推测可能与煤系有关,因此把“冀中地区煤成气(油)及资源评价”列入国家“六五”重点科技攻关项目。“六五”期间,冀中地区的煤成油、煤成气勘探获得突破,发现了苏桥油气田,首先提出苏桥石炭纪残殖煤生油和二次生烃的观点,它对冀中地区的煤成油、煤成气勘探以及全国煤成油、煤成气勘探都具有重要贡献。但是在当时对苏桥油气源存在两种观点:一种认为它主要是来源于石炭-二叠系煤系烃源层,特别是残殖煤薄层;另一种认为它主要来源于霸县凹陷的下第三系烃源岩。此外,对于煤成烃的全过程尚不很清楚,如什么样的煤能生油,煤层中的油能否发生初次运移,如何对煤系烃源层发育地区的油气远景进行定量评价等。为此我们在“七五”期间以“冀中拗陷多源天然气的生成富集规律”和“冀中地区石炭-二叠系分布区天然气勘探方向及目标评价”项目,“八五”期间以“应用新技术研究华北地区的煤成油”、“冀北地区石炭-二叠系分布区低环萜特征及其油气勘探意义”和“二连盆地侏罗系石油地质特征及含油气远景评价”项目,不断应用新技术、新方法对华北地区的煤系烃源层进行深入而系统研究,并用多种方法判识油气源,其中包括:烃源岩脱吸附气和氟利昂抽提物的轻烃碳同位素、轻烃气相色谱、不同煤岩显微组分的人工热模拟实验,有机岩石学、共聚焦激光扫描显微特征、单体烃碳同位素、磷灰石裂变径迹、镜下煤成烃网络体系运移、低环萜色谱-质谱等,其结果表明苏桥油气主要来源于石炭-二叠系煤系烃源层。与此同时还对晋冀地区二次生烃潜力和冀中地区排烃模式等进行了研究。这些研究不仅对冀中拗陷、冀南地区石炭系的煤成油、煤成气和煤层气的勘探、沁水盆地二叠系的煤成气、煤层气的勘探和二连盆地侏罗系煤成油、煤成气的勘探具有重要意义,而且大大地丰富了煤成烃的理论。本书就是以上述研究报告为基础,经综合、提炼和升华而成。

在煤成烃的研究过程中,应用将今论古、以实代虚的联想认识方法,它具体表现在:(1)为了更接近煤成烃的真实过程,避免主观臆测,突出实验研究及具体数据,先后设计了不同煤岩组分叠加式热模拟实验,不同类型煤系烃源岩的热模拟实验,针对煤岩特征组装了能采集气体、轻质油和抽提物沥青“A”的试验装置,以及陆表海煤岩组分被水流分选的模拟实验;(2)突出现代替代性产物和替代性现象研究煤成烃特征的联想手段,以现代湖沼泥炭为煤的替代物研究不同显微组分形成环境,以现代煤层中甲烷突出的地质现象替代性研究煤成烃运移机理等;(3)突出煤岩与一般生油岩特征的对比研究,找出更适用于煤系烃源层的油气对比方法与指标;(4)针对不同地区煤成油气远景,突出烃源岩与煤系成藏类型相结合的研究方法。因此本书具有很大的实用价值。

《华北地区煤系烃源层油气生成·运移·评价》一书就是“六五”以来华北石油管理局

勘探开发研究院和中国科学院广州地球化学研究所长期合作研究的结晶。由傅家谟、吴华元和梁狄刚等开创的合作研究,虽然双方领导人已经更迭过多次,有的同志已调离原岗位,有的同志已离退休,但一直仍以不同的方式连续进行,双方科技人员始终为祖国油气事业的腾飞而奉献,并坚持科研与生产相结合的方针,多年来愉快而友好的合作激励了笔者尽快地完成本书的编写并以此献给 21 世纪。

本书前言由秦建中、贾蓉芬执笔;第一章至第三章由贾蓉芬执笔;第四章至第七章由秦建中执笔;第八章由郭爱明执笔;图版由王静编排,刘德汉调改。本书初稿和图版由赵林负责。王东良、张文龙、王拯、李书琴、李志鹏、缪卫东、郭树芝、杜秀英、李欣等参加了本书的编写、图件清绘、文字编排、数值计算等工作。黄希陶教授做了文字加工处理和部分审核并提出了一些宝贵建议。华北石油管理局总地质师梁生正教授、局副总地质师蒋尽基教授、勘探开发研究院院长祝玉衡教授、副院长费宝生、郑国光教授、地球化学专家刘宝泉高级工程师和中国科学院广州地球化学研究所刘德汉、周中毅研究员等在本书编写和出版过程中审阅了有关章节并给予大力支持。笔者深表感谢。

目 录

序

前言

第一章 煤岩的形成环境和煤系烃源岩有机显微组分分类	1
第一节 煤岩的形成环境和沉积学特征.....	1
第二节 成煤物质的组成和早期煤化作用特点	19
第三节 煤阶的划分和烟煤分类	20
第四节 有机显微组分分类	23
第五节 富氢显微组分的组成及其生烃性能	30
第六节 镜质组和惰质组的组成及其生烃特性	34
第二章 煤系烃源岩生烃潜力的实验研究和成烃模版	38
第一节 有机显微组分生烃潜力的模拟实验研究	38
第二节 煤系烃源岩的生烃潜力实验研究	52
第三节 煤系烃源岩成烃作用的特点	75
第四节 煤系烃源岩的成烃模式与有关的油气藏	88
第三章 煤层中油气运移的证据与分析	96
第一节 煤岩的孔隙结构和吸附性能	96
第二节 煤层的渗透率和烃类运移通道.....	103
第三节 煤层甲烷突出的条件.....	107
第四节 煤层中油的初次运移证据和运移要素.....	111
第五节 冀中东北部煤系烃源层排烃条件剖析.....	117
第四章 煤系烃源层的评价方法	119
第一节 煤系烃源层及有机质丰度评价.....	119
第二节 煤系烃源岩质量评价.....	123
第三节 煤系烃源岩成熟度的评价方法.....	134
第四节 煤成油形成条件评价.....	147
第五节 煤系烃源岩的油气源对比.....	150
第六节 煤系烃源岩含油气系统和综合评价.....	156
第五章 冀晋地区石炭纪煤系烃源层	161
第一节 区域地质概况.....	161
第二节 煤系烃源层.....	173
第三节 沁水盆地石炭系的煤成气和煤层气.....	187
第四节 冀南地区的煤成气.....	206
第五节 含油气远景评价及勘探方向.....	213
第六章 冀中地区煤成气和煤成油的油、气源对比	216

第一节	煤成气的地球化学特征和气源对比·····	217
第二节	煤成油的有机地球化学特征和油源对比·····	228
第三节	煤成气、煤成油源岩的追溯及油气运移·····	247
第七章	冀中东北部石炭纪煤系烃源层特征及评价·····	256
第一节	有机岩石学特征及有机相·····	256
第二节	有机质热演化和二次生烃·····	276
第三节	石炭纪煤系排烃期、排烃量和排烃模式·····	289
第四节	大城凸起石炭系的煤层气·····	295
第五节	石炭纪煤系烃源层二次生烃含油气系统·····	305
第六节	二次生烃量估算及勘探前景·····	312
第八章	二连盆地中下侏罗统煤系生烃特征·····	319
第一节	地质概况·····	319
第二节	烃源岩的发育·····	322
第三节	有机质类型·····	326
第四节	有机质热演化·····	340
第五节	油源对比·····	347
第六节	煤成烃前景分析·····	352
参考文献 ·····		354
摘要 ·····		359
英文摘要(Abstract) ·····		361
图版及说明 ·····		363

第一章 煤岩的形成环境和煤系烃源岩 有机显微组分分类

一般煤系烃源层有机质被认为是生气的良好母质,不利于生油。但是,近年来的勘探实践和理论研究表明,煤岩在一定条件下不但可以生成一定数量的液态烃,而且能够形成具有工业价值的油藏。如澳大利亚库珀盆地内木姆巴地区产商业性天然气,而帕恰瓦拉地区产石油(Smyth,1984)。煤能够生油的观点现已逐渐被人们所接受,但是目前在煤成油的形成机理方面,以及如何评价煤系烃源岩的生烃性能等问题尚不很清楚,例如什么样的煤生油?什么样的煤生气?许多学者认为,煤能否生油取决于其壳质组的含量,壳质组含量越多,生成液态烃的潜力越大(Tissot,1984;黄第藩等,1984;Thompson,*et al.*,1985),但是壳质组的演变阶段与含量下限值为多少才能区分煤系烃源岩是生油还是生气,在认识上还有分歧。在一些煤成油地区,煤岩中的壳质组含量并不高,镜质组占绝对优势,有人就认为镜质组是煤成油的主要原始母质,什么样的镜质组具有生油能力?它们的生油机理是什么?如何评价它们的生油潜力等,这些都是人们所关心的。

煤系烃源层主要由煤岩、泥岩和碳质泥岩组成,它们各自的显微组分特征和生烃潜力关系到对勘探区煤系地层的油气资源评价。

为了了解各显微组分的由来与其环境意义,本章将首先介绍当前国内外在煤岩的形成环境和沉积学特征及煤岩的显微组分分类现状,再根据我们在生产实践中应用显微光度仪(MPV-3、MPV-SP)、共聚焦激光扫描显微镜(CLSM)、扫描电镜和原子力显微镜对各显微组分所做的有机岩石学和生烃性能研究,提出华北地区煤系烃源岩显微组分的分类。

第一节 煤岩的形成环境和沉积学特征

煤岩是一种沉积岩,像任何其它沉积岩一样,煤岩原始呈层状沉积,具有横向和垂向相变(反映植被类型、水位、碎屑输入物等的变化)。它埋藏后,又经受了压实和成岩作用(通常称为煤化作用)。与其它沉积岩的唯一区别是,煤岩主要由有机化合物组成,而不是由矿物组成。煤岩的性质是它的沉积作用和成岩作用结果。在一个矿区或小范围内,煤岩的性质变化几乎完全是原始沉积环境的反映。

一、煤岩的形成条件和分布

自本世纪70年代,随着能源工业的发展与要求,应用沉积学、孢粉学、煤岩学和地球化学等方法对现代泥炭——煤岩的模拟物(类比值)进行深入的综合研究,从而对煤岩的形成条件和分布规律有了新的看法。

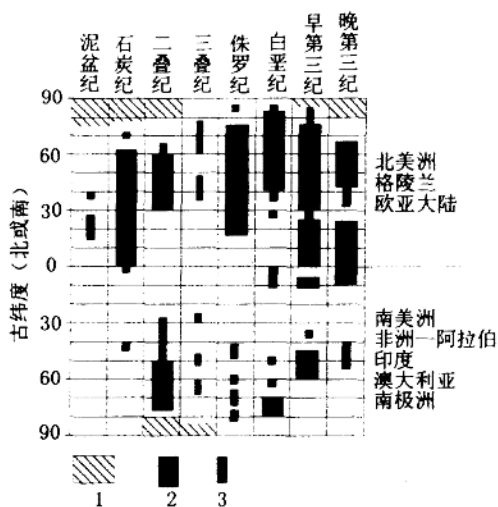


图 1-1 煤岩按古纬度的分布(Habicht,1979;
转引自 McCabe,1984)

1. 冰覆盖地区; 2. 广泛分布的煤岩; 3. 局部分布的煤岩

北纬 50°~70°,古纬度与含煤沉积的关系(图 1-1)表明,虽然从赤道到两极都沉积有煤岩,但主要形成在北半球的中高纬度。

(一) 泥炭或煤岩形成的必要条件

植物一旦死亡,甚至在还未枯萎之前,就开始腐败。绝大部分有机物质被氧化和再循环。只有当有机物质在相对停滞和氧不足的水面以下堆积时,腐烂才缓慢地进行或者终止。因此,泥炭堆积时,水位必须与沉积物表面一致,或者高于沉积物表面。即:

流入量+降水量=流出量+蒸发量+滞留量

泥炭堆积的必要条件也可看作是植物生长和有机质腐败之间的平衡。两者都是随气候而变化的,在不能得到这种平衡的沼泽中泥炭不是被淹没就是暴露而被氧化掉。从表 1-1 可见,现代大部分泥炭堆积在寒冷气候带中——

表 1-1 世界现代泥炭资源的分布

地 理 区	占世界资源(%)	地 理 区	占世界资源(%)
前苏联	60.8	不列颠群岛	3.5
斯塔的纳维亚半岛	13.7	波兰	2.3
加拿大	9.1	印度尼西亚	0.9
美国	5.0	古巴	0.3
德国	3.8	日本	0.2

注:引自 McCabe,1984

(二) 形成泥炭或煤岩的物质来源类型

按形成泥炭或煤岩的物质来源,通常分为异地泥炭或煤岩和原地泥炭或煤岩两种基本类型。

1. 异地泥炭或煤岩

它是指成煤物质经过一定距离的搬运。少数煤岩无疑是异地成因的,例如烛煤是由冲刷到湖泊中以腐泥形式堆积的降解泥炭组成,可能含有大量吹入湖泊中的孢粉。大多数烛

煤呈层状出现在腐殖煤中,或在腐殖煤顶部,也可形成在泥炭沼泽内的湖泊中。补给这种湖泊的河流很少或几乎不携带碎屑沉积物。一些植物残体,由砾石级到粉砂级植物碎体,可快速堆积在湖泊和滨岸地区,如在马哈坎三角洲的滩脊,由 2m 厚的细粉末状木质物组成,长 7km,宽 2km。美国密执安州苏克湖的吉乐伯特型三角洲,局部由植物碎屑形成的泥炭竟厚达 15m,但是这类泥炭中无机成分高达 30% 以上。

异地泥炭或煤岩常常靠水流搬运有机质,同时也搬运了大量无机矿物,因而不具有厚层状的煤岩,但有机质经水搬运分选后,异地煤岩中稳定组分(壳质组)较多,有利于生油。

2. 原地泥炭或煤岩

它是由原地堆积的植物组成(如根、苔藓、树桩),或是由经过一般很短距离搬运的植物(如倒下的树干、落下的树枝和树叶)组成。绝大部分有经济价值的煤矿床是由原地生成的。原地形成的泥炭沼泽按其地貌的演变系列有三种基本类型(图 1-2):

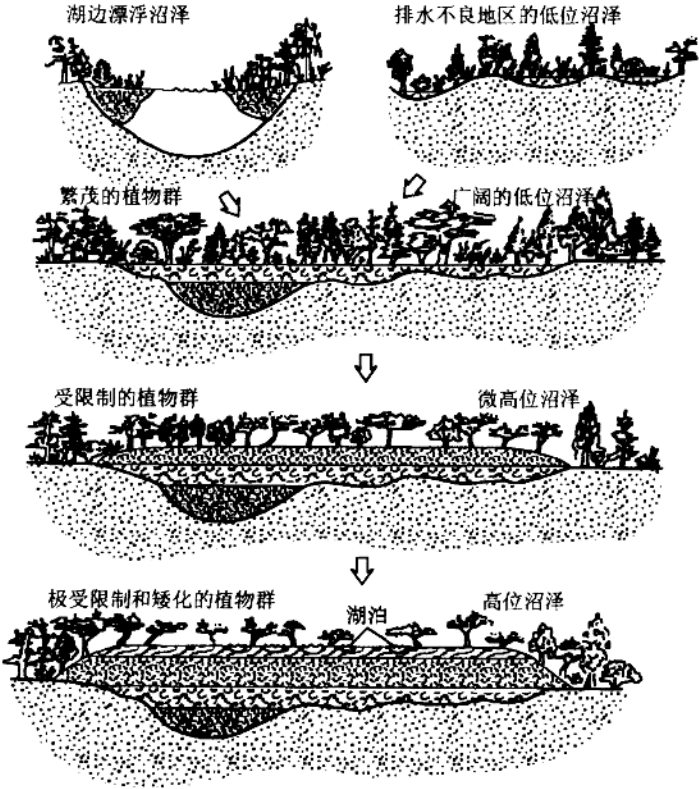


图 1-2 泥炭沼泽类型的演化序列(Romanoy,1968, 转引自 McCabe,1984)

(1) 漂浮沼泽:它出现在较浅的湖泊中,在干早期,有机质在半含水的沼泽中分解时会形成气泡,而当雨水增多,沼泽水量增加时,泥炭分层浮动并向上鼓起,或重新被下伏泥

炭吸附,或在水域开阔处,四处浮游。

(2) 低位沼泽:它是泥炭层覆盖在基底地形之上,泥炭堆积到接近水平沼泽表面,泥炭层薄,可反映基底地形,所以又称为低位酸沼(pH在4.8~6.5之间)。

(3) 高位沼泽:它不反映先前地形,但表面凸起,所以又称为高位酸沼(pH为3.3~4.6之间)。它只能发育在年降雨量大于年蒸发量的寒带和热带的某些地区。通常它们具有低灰分的特点,如马来西亚泥炭的灰分为0.7%~3%。

(三) 厚层泥炭或煤岩沉积模式

应当指出,并非所有沼泽都有泥炭或煤岩堆积,也并非所有泥炭都能形成有经济价值的煤矿床。大部分沼泽沉积,如果被保存,最好也不过是夹有薄煤层的碳质页岩,因为泥炭或煤岩的沉积决定于沼泽的原始地形形态、植被类型、有机物质降解程度和类型,以及输入的碎屑沉积物数量等。

从目前调查研究结果,具有工业意义的煤岩(一般厚度>1m),低灰度和低硫量煤岩的沉积场所可能主要发生在如图1-3所示的环境中。① 网状河平原上成煤沼泽;② 曲流河道;③ 大型湖泊或近海岸的河道三角洲。

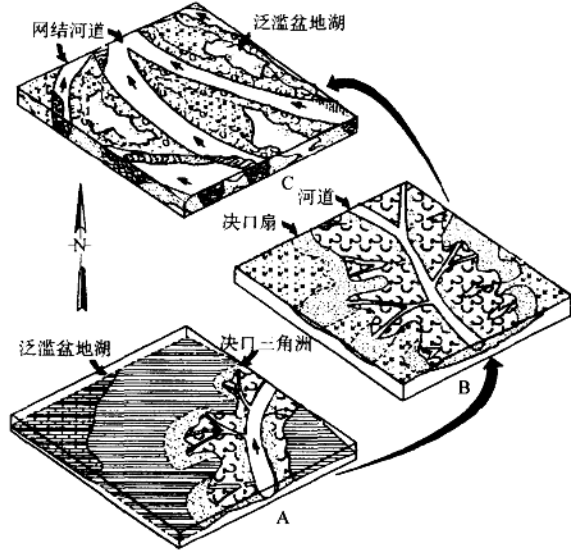


图 1-3 泥炭或煤岩形成的主要环境(Flores 等,1984)

A:显示一个泛滥盆地大湖中的滨外碳酸盐和近滨细粒碎屑沉积的湖泊
——决口三角洲,大黑箭头指示随地质时代的推移古地理的演化;
B:决口扇和河道相; C:河道和河道间相

Casshyap 等(1984)研究了印度宋-马哈纳迪和戈埃尔-达莫达尔河谷盆地下二叠统煤系的河成模式,研究表明,经常分叉的、薄厚不稳定的、低灰分的、贫镜质组(富壳质组)的、不结焦的煤层,通常与砂质岩相共生。这种煤岩为低曲度、多河道网结河或辫状河垂向加

积(即河床增高)之后,形成于废弃的泛滥平原和远端决口扇中。相反,含有大量碳质页岩和细碎屑岩夹层的、分布广泛的较厚煤层是高灰分,富含镜质组,形成于不常分叉的河道间泥炭沼泽,或越岸的大型或小型低洼处,局部在曲流河道中,由含有沉积物的植物碎屑堆积而成。

Ayers 等(1984)从泥炭堆积动力学的角度,对美国怀俄明和蒙大拿州波德河盆地尤宁堡组(古新世)中的厚层煤岩(>36.6m)进行了详细研究,他们根据 300 多条钻井曲线所做的地层对比和分析,提出湖泊-三角洲间厚层煤岩的成煤模式(图 1-4)。根据钻井资料恢复的厚煤层分布与主砂体平行,主砂体代表古河流的主流径道,在两条主流径道之间

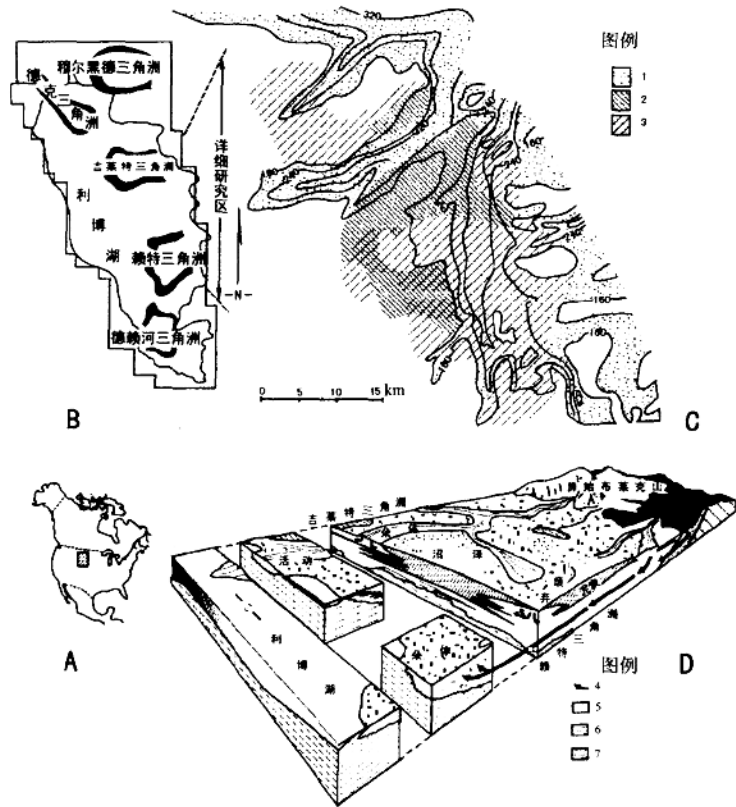


图 1-4 波德河盆地厚层煤岩位置与湖泊-三角洲间成煤岩模式(Ayers 等,1984)

1. 净主要砂体>48.8m; 2. 最大煤厚>36.6m; 3. 最大煤厚 27.4~36.6m;
4. 地下水流; 5. 汤河层; 6. 利博层; 7. 塔洛克层

(吉莱特河与赖特河之间)水体补给稳定,又避开大量碎屑物的混入,因而是泥炭生长和保存的有利环境,形成大范围的>9.1m 厚的煤层。波德河盆地后期微向北倾,造成赖特河三角洲朵体的摒弃,而吉莱特三角洲仍然进积,承担输送原始布莱克山风化产物注入利博湖的功能,保持活动朵体,泥炭继续生长,从而造成煤层厚度超过 55m 的单层。他们还从

泥炭堆积期间的气候和碎屑沉积单元之间相互作用的动态平衡角度研究了异常厚层煤岩形成的条件。

泥炭堆积速率受气候的影响很大。虽然现代泥炭沉积存在于从热带到极圈的潮湿地区内,但在温带它们发育最广泛,因为在那里植物残体的产生和分解之间达到平衡,有利于泥炭的堆积。引用从亚北极到热带的 26 个现代沼泽,包括藓沼(bog)、草沼(marsh)和树沼(swamp)的沉积速率,其中低值的育空河三角洲为 $0.10 \sim 0.16\text{m}/1\,000\text{a}$,高值的婆罗洲高位沼泽为 $4.80\text{m}/1\,000\text{a}$,亚热带密西西比河三角洲为 $4.5 \sim 6.0\text{m}/1\,000\text{a}$ 等,其平均堆积速率为 $1.72\text{m}/1\,000\text{a}$ 。用这个平均速率和假定泥炭向亚烟煤转化时的压实比为 $5:1$,则形成 30m 亚烟煤层所需 152.5m 的泥炭要堆积 $88\,663$ 年,同时要求在这期间河流体系要长时间保持稳定。

波德河盆地的尤宁堡沉积速率为 $0.15\text{m}/1\,000\text{a}$,大角盆地北部的古新世沉积的平均和最大速率分别为 $0.39\text{m}/1\,000\text{a}$ 和 $0.76\text{m}/1\,000\text{a}$,显然天然泥炭堆积可以容易地与波德河盆地沉积保持同步,即它相当于大角盆地达到的速率,并经历同沉积同压实。快速的埋藏增加了泥炭保存的几率,并意味着沉降与沉积同时进行,所以世界上许多煤盆地都是构造上活动的盆地。因此,异常厚的煤层通常与快速沉降盆地有关。

尚冠雄等(1997)从层序地层学的角度对我国华北地台石炭系煤层聚集的控制因素与富煤带分布区进行了综合研究,认为以海泛面或洪泛面所划分的准层序均以迅速的海进开始,随之有一个缓慢的,以进积为主的海退过程。由海退到另一个准层序快速海进的转折期,地壳相对稳定,陆源碎屑向盆地输入贫化,当水文条件、气候条件适宜时,大量植物生长聚积,形成泥炭层。但是否能形成有工业价值的煤层,要视它们在层序的部位而定。研究表明,富煤带与海平面变化所控制的沉积体系域有如下关系(图 1-5)。

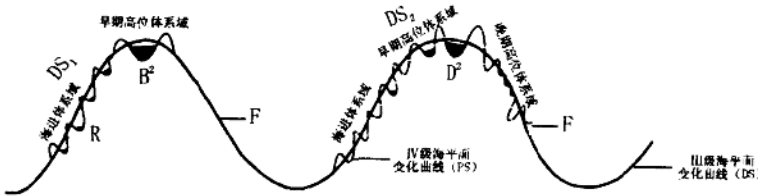


图 1-5 华北晚古生代海平面升降与聚煤关系示意图(尚冠雄,1997)

(1) 海进体系域(TST)的准层序向海岸超失、合并的部位有巨厚的,平行海岸并呈带状分布的富煤带。海岸向海的一侧,由于间歇性的海水进退,煤层呈马尾状的分岔,层数多、厚度小、稳定性好,如下含煤建造的 C_2 煤段,相当于本书重点讨论的华北地区石炭系太原组和山西组煤层。

(2) 早期高位体系域(EHST)煤层稳定,厚度大,具有重要的工业价值。华北晚古生代聚煤盆地的含煤岩系有 2 个 III 级层序,与之对应的两个较大的 III 级海平面变化,当它由快速上升转变为缓慢上升;缓慢下降时,表示板块处于相对稳定状态,古陆风化剥蚀减弱,在盆地较大范围内先后泥炭沼泽化,形成大面积分布的重要煤层,如下含煤建造 DS_1 层序早期高位体系域中的 B^2 煤岩, DS_2 层序早期高位体系域中的 D^2 煤岩,相当于华北地区石

炭系底部煤层和二叠系上石盒子煤层。

(3) 晚期高位体系域(LHST)海岸平原有可采煤层赋存,但厚度稳定性差,大范围对比困难。由于海平面迅速下降,湾线向海岸迁移,盆地充填速率加大,煤层受碎屑输入的影响而不稳定,边缘部位灰分增高,如淮南煤矿一带的上含煤建造煤层。

二、泥炭或煤岩的沉积岩石学特征

1. 堆积速度缓慢

McCabe(1984)根据煤层底顶¹⁴C 年龄数据,泥炭沉积厚度与其压实后推测的泥炭或煤层厚度的平均压实系数为 10 : 1,并估算出各地泥炭的堆积速度(表 1-2),由此可知煤岩的沉积速度大约 1mm/(4~100a)。

表 1-2 泥炭堆积速度估算

沉 积 区	泥炭堆积速度 (mm/a)	沉 积 区	泥炭堆积速度 (mm/a)
阿拉斯加育空三角洲	0.1	佛罗里达州大沼泽	0.8
欧洲西部高位沼泽	0.2~0.8	下密西西比河冲积平原	1.6
不列颠哥伦比亚弗雷塞河三角洲	0.9	东南亚沙撈越高位沼泽	2.3
佐治亚州奥克芬诺基沼泽	0.3~1		

注:引自 McCabe,1984

2. 压实性高

由表 1-3 看出,泥炭成分中 74.6%(重量)为水及挥发分,22.6%为灰分,泥炭高的压实性可能产生两个作用,一是由于泥炭沼泽水为酸性,可在泥炭向煤岩转化过程中,不断溶去无机矿物,提高碳化程度;二是在地表相对凹区,有利于泥炭或煤岩的富集,因而有人认为煤层的局部增厚是由于泥炭与围岩(砂岩、灰岩、泥灰岩、粉砂岩或泥岩)的差异压实作用产生的“低地”,造成有利的沉积或堆积场所所致。Ferm 等(1984)指出最厚的泥炭堆积场所应是介于易被淹没的地形低地和不利于泥炭堆积的地形高地之间的地区。局部地形控制部分是由于下伏沉积物压实程度所致,一些压实强的区域则产生“低地形”。

表 1-3 新奥尔良附近泥炭的成分

成 分	最大值(%)	最小值(%)	平均值(%)
水分	76.3	43.2	67.8
挥发分	8.8	3.6	6.8
固定碳	2.2	0.3	1.4
硫	0.7	0.3	0.4
灰分	52.5	13.2	22.6

注:引自 McCabe,1984

3. 相变快

众所周知,煤系烃源层的岩性极不均一,即使同一煤层内的有机显微组分也是很不均一的。造成如此不均一性的原因主要有:

(1) 泥炭的缓慢堆积速度,使得诸如洪水泛滥、海岸线的变化、风暴等“意外事件”对煤质的影响或破坏煤层发育的连续性(如煤层的尖灭、分叉等)。

(2) 由于沼泽水的含氧量从边缘向中心变低,酸性增加,以及泥炭沼泽中植物种类和植物生长(也有少量动物)从外围到中心呈环带状变化,所以一般沼泽中心宜低矮乔木或低等生物生长。植物的不同部分,其原始有机质的元素组成也不相同(图 1-6)。

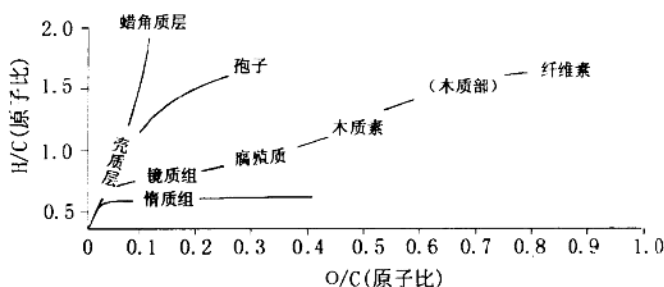


图 1-6 植物的不同部分 C、H、O 元素组分的变化(Tissot 等,1978)

三、华北地台石炭-二叠纪煤岩形成环境特征

(一) 中国地史上的四个成煤阶段的聚煤模式

含煤建造是地壳构造演化特定阶段的产物。不同地史时期的构造特点直接影响着聚煤盆地的形态、聚煤中心、富煤带的展布和迁移,奠定大型聚煤区的分布,控制海岸线变化与生物群的迁移。

地史上的植物群落由于遗传和变异、适应和选择而出现阶段性变化:从低等到高等植物,从水生、半水生到陆生植物,从简单到复杂,形成种类繁多的植物世界,为成煤及其聚集提供了物质基础。

韩德馨等在对中国煤岩、聚煤地带大地构造背景、古植物学、煤岩的地球化学与煤岩的经济意义等方面,提出了 4 个成煤阶段的聚煤模式(表 1-4,图 1-7):早古生代以菌藻为主的浅海相聚煤;晚古生代以蕨类植物为主的滨海过渡相聚煤;中生代以裸子植物为主的大中型内陆湖泊、河流相聚煤和新生代以被子植物为主的内陆湖沼相聚煤。