

海相成煤论进展

刘焕杰 贾玉如 龙耀珍 何康林
马宏英 郭英海 施 健 桑树勋

(中国矿业大学, 徐州)

提要 海相成煤论的提出与深化, 必将带来含煤沉积学诸多领域的新变革与新进展。本文从泥炭坪海相成煤模式、现代热带红树林潮坪比较沉积学研究、关于含煤建造中的潮汐沉积与陆表海性质、台地、堡岛及其复合的含煤建造沉积体系、聚煤盆地的地质事件及其沉积记录、煤田岩相古地理研究方法论及巨型聚煤盆地的整体研究诸领域论述了所取得的成果与新进展, 从而丰富和深化了海相成煤论。为重新认识我国晚古生代巨型聚煤盆地, 探求新的聚煤规律, 扩大新的煤炭资源奠定基础。

关键词 泥炭坪 红树林潮坪 陆表海 沉积体系 事件沉积 巨型聚煤盆地

第一作者简介 刘焕杰 男 58岁 教授 沉积学及含煤沉积学

含煤沉积学的现状落后于沉积学的发展, 成煤模式的理论滞后于沉积模式的研究。更新理论、更新观点、探索新的成煤机理与机制, 建立新的成煤模式, 已成为当今含煤沉积学的当务之急, 它必将迎来含煤沉积学各研究领域的新变革与新进展, 为重新认识各类型聚煤盆地, 探求新的聚煤规律, 扩大新的煤炭资源奠定基础。

笔者在我国部分地区晚古生代巨型聚煤盆地研究的基础上, 提出了海相成煤环境的新论点。近十年来致力于海相成煤理论的研究, 在泥炭坪海相成煤环境、现代热带红树林潮坪比较沉积学研究、关于含煤建造中的潮汐沉积与陆表海性质、台地、堡岛及其复合含煤建造沉积体系、聚煤盆地的地质事件及其沉积记录、煤田岩相古地理研究方法论及巨型聚煤盆地的整体研究诸领域, 获得了新的启示。

一、海相成煤环境——泥炭坪成煤模式

我国晚古生代煤田, 多数煤层是在潮汐流为主要水动力的条件下形成的, 成煤环境与潮上坪、潮间坪, 甚至潮道成生在一起。热带、亚热带地区的潮间坪和潮上坪, 生长着大量红树林或类似红树林生态的潮汐适盐植物, 在适宜条件下造成大面积泥炭堆积。这种在潮坪上直接成煤的环境称之为“泥炭坪”。它包括潮间坪和潮上坪, 甚至一部分局限潮下浅水带和潮沟(图1)。在漫长的地质年代中, 伴随着海水的进退、海岸带的变迁, 造成大面积泥炭坪的连续展布, 形成大面积泥炭和煤层分布。

1. 泥炭坪是海相成煤环境

泥炭坪属于海相环境, 主要位于潮间带, 包括潮上带和部分潮下浅水带。它与陆源碎屑潮坪、碳酸盐潮坪、蒸发潮坪和礁坪一样, 都是特定条件下的潮坪环境。潮汐水流是泥炭坪的主要水动力条件, 它以潮汐水流的周期性、水流方向的双向性、水位变化的频繁性和潮汐水流能量的

脉动性而区别于沼泽环境。水介质为海水或淡化海水呈半咸水或咸水，成煤植物则是适宜于生长在海水的红树林或类似于红树林生态的潮汐适盐植物，与其共生的还有大量经得起淡化的海相生物及其化石。

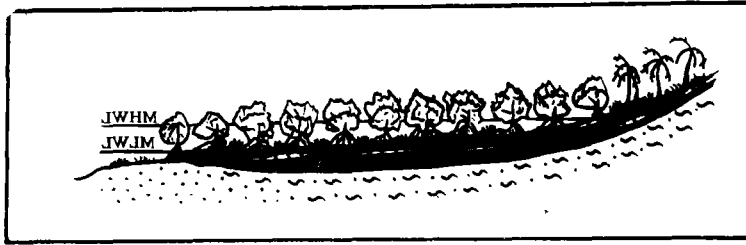


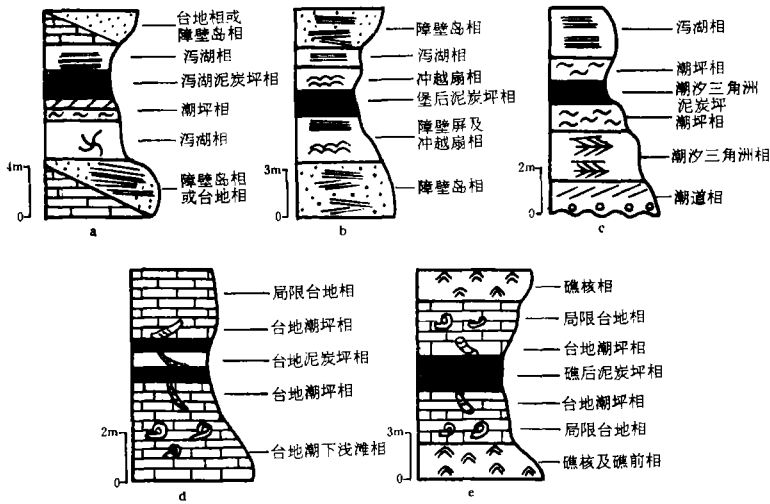
图1 泥炭坪模式

Fig. 1 The modal of peat flats

综上所述，不难看出泥炭坪与泥炭沼泽是两种性质完全不同的环境类型。泥炭坪是海相成煤环境。

2. 泥炭坪成煤模式类型

依据我国晚古生代含煤建造泥炭坪的不同特点，可进一步划分为五种模式类型（图2）。



a. 泻湖泥炭坪 b. 堡后泥炭坪 c. 潮汐三角洲泥炭坪 d. 台地泥炭坪 e. 礁后泥炭坪

图2 泥炭坪沉积序列类型

Fig. 2 Types of the depositional sequences in peat flats

- a. lagoon peat flats
- b. back barrier peat flats
- c. tidal delta peat flats
- d. platform peat flats
- e. back reef peat flats

1) 泻湖泥炭坪 泻湖泥炭坪发育在泻湖近岸潮坪和广海型潮坪之上，它是我国北方石炭二叠系和南方上二叠统含煤建造较重要的成煤环境之一。泻湖泥炭坪成煤序列一般以障壁岛或局

限台地相开始, 向上过渡为泻湖相、潮坪或泥炭坪相; 成煤后为泻湖相覆盖, 并过渡为障壁岛相或台地相沉积 (图 2-a)。泻湖泥炭坪形成的煤层厚度大, 层位稳定, 分布广泛。煤层结构简单至复杂, 灰分中至高。一般硫分含量偏高, 由于淡水补给增强, 硫分含量变化较大。由于水介质的盐度多变, 硼含量、锶钡比值等指标变化较大。

河口湾、三角洲间湾和支流间湾亦有广泛潮坪和泥炭坪发育。成煤模式与泻湖泥炭坪相似, 不同处在于沉积相的组合特点以及煤层的赋存受到潮道、分流河道和河口砂坝的影响。

2) 堡后泥炭坪 堡后泥炭坪是在障壁岛后侧障壁坪部位发育的海相成煤环境, 是我国北方石炭二叠系和南方上二叠统含煤建造十分重要的成煤环境。一般成煤沉积序列是: 底部以障壁岛相 (包括滨面、前滨和后滨相等) 开始, 向上过渡为障壁坪、泥炭坪及冲越扇相; 成煤后过渡为泻湖相和障壁岛相或台地相 (图 2-b)。

由于陆表海多堡岛体系发育, 多堡岛后泥炭坪将进一步接连成片。煤层分布面积广, 层位稳定, 厚度较大, 但空间上常有变化。硫分高、灰分中等。煤层中常发育透镜状冲越扇砂体, 冲刷煤层, 致使煤层变薄, 分叉或尖灭。

3) 潮汐三角洲泥炭坪 它是我国北方石炭二叠系和南方上二叠统含煤建造成煤环境之一。成煤沉积序列一般由潮道相开始, 向上过渡为潮汐三角洲相及潮汐三角洲泥炭坪相; 成煤后过渡为泻湖相或碳酸盐台地相沉积 (图 2-c)。煤层薄, 层位不稳定, 厚度变化大, 多为复杂结构。灰分、硫分均较高。

4) 碳酸盐台地泥炭坪 碳酸盐台地泥炭坪是发育在碳酸盐台地潮坪部位的海相成煤环境, 是我国北方一些地区上石炭统和南方一些地区上二叠统含煤建造的成煤环境。成煤序列始于开阔或局限台地相, 向上过渡为碳酸盐潮坪相, 并发育台地泥炭坪相; 煤层常被局限台地、开阔台地相沉积覆盖 (图 2-d)。有时具风暴岩特点, 并伴随风暴冲刷现象。煤层层位稳定、厚度薄、变化大, 灰分、硫分均高。

5) 礁后泥炭坪 礁后泥炭坪是在堡礁后侧背风面潮坪部位发育的海相成煤环境, 是广西中部上二叠统合山组含煤建造的主要成煤环境。成煤序列开始于礁前相, 向上过渡为礁核相、局限台地相, 并发育礁后泥炭坪相; 成煤后煤层被台地潮坪相、局限台地相和礁核相覆盖, 有时可见风暴岩 (图 2-e)。伴随海平面变化, 礁后泥炭坪局部可与台地泥炭坪连成一片。煤层在一定地区内分布较广, 层位不稳定, 厚度变化大, 简单至复杂结构, 灰分中至高, 硫分普遍高。

3. 泥炭坪的聚煤特点

多数煤层分布面积广, 层位稳定, 可为简单结构或复杂结构。硫分较高, 具有一定数量的有机硫, 中等至高灰分。

二、现代热带红树林潮坪比较沉积学研究

“现代是了解古代的钥匙”。通过现代红树林潮坪及红树林泥炭的研究, 运用比较沉积学的方法, 是确立泥炭坪海相成煤环境的重要途径。

1. 红树林植物群落及红树林潮坪沉积特征

红树林是热带、亚热带海岸潮间带木本潮汐适盐植物群落。海南岛红树林海岸带是我国红树林发育最好、分布面积最广地区。计有真红树植物 6 科 10 属 17 种, 半红树 9 科 9 属 11 种。其演替序列为白骨壤→红海榄、秋茄→桐花木、角果木→海漆、木榄→半红树群落→热带雨林。

海南岛红树林潮坪可划分为潮下浅水带、无红树潮间带、红树林潮间带及半红树潮上带 (图

3)。

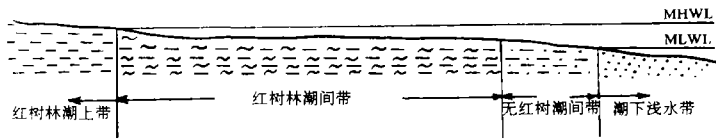


图3 红树林潮坪分带示意图

Fig. 3 The zoning sketch map of mangrove tidal flats

潮下浅水带 平均低潮位以下 0—2m 范围。底质细砂或含泥质砂，夹杂有生物介壳碎屑，无红树生长。

无红树林潮间带 位于接近平均低潮位附近。在东寨港宽度达 500—1000m，无红树生长，潮汐水道系统发育。底质一般为含泥砂或含泥粉砂，也含生物碎屑。常见潮汐水流波纹，底栖生物丰富，软体动物及管穴生物痕迹发育。

红树林潮间带 前缘位于平均潮位至平均低潮位间，后缘在平均高潮位附近，在东寨港宽达 2000m，坡度平均 1—3‰。潮侵频度、强度及潮水淹没时间自岸向海增强。总之，潮汐能量小，泄水条件好，底质为富有机质软泥或含粉涛质软泥。可进一步划分为：外带——位于红树林向海的外缘，由先锋树白骨壤、海桑等组成，一般为稀疏灌木丛，只有海桑可成乔木；中带——为茂密林带，是红树林的主体，属种多，一般由红海榄、角果木、秋茄等组成；内带——乔木林带，位于红树林近岸后缘，以乔木为主，具有双层结构，高层由木榄、海莲等乔木组成，低层由低矮灌木构成。

半红树林潮上带 位于平均高潮位以上，只有特大潮时才能淹没，宽度较窄，主要为半红树植物。

2. 红树林泥炭的煤岩组分特点

海南岛红树林泥炭常见显微煤岩组分为：腐植组中以结构腐植体、木质结构腐木质体，充分分解腐木质体为最常见；惰性组中以丝质体、半丝质体和菌类体为主；稳定组分少，有木栓体、角质体、孢子体、花粉体和藻类体等。无机组分以黄铁矿及陆源碎屑为主，普遍富硫。

3. 红树林泥炭中硫的赋存状态及其成因研究

海南岛红树林泥炭普遍富硫，黄铁矿、硫酸盐和有机硫是其三种主要赋存状态，并以黄铁矿硫高为特征。通过对其成因研究表明：红树林泥炭中硫的富集与泥炭坪成炭环境有紧密的成因联系，并且全硫和形态的时空变化受微环境的进一步控制；潮坪水介质中的硫酸盐是泥炭中硫的最终来源；泥炭中硫的加入主要发生于准同生阶段，而在加入过程中还原硫细菌起了决定性作用。定量地进行泥炭坪微环境分析是查明古代富硫煤田硫分布的主要途径。

三、关于含煤建造中的潮汐沉积与陆表海性质

具有海相或部分海相成煤环境的我国北方石炭二叠系本溪组、太原组及其南缘的部分山西组、石盒子组含煤建造，广布于华北板块之上，具有相当的可比性和稳定性。组成建造的微环境，不同地区有所差异，但均属海岸带及浅水陆棚沉积。沉积体系与沉积相带在全区呈有规律展

布, 陆源碎屑潮汐沉积广泛发育, 构成建造重要组成部分; 碳酸盐台地沉积不时覆盖建造分布区, 聚煤条件在华北板块广大区域发育, 具有良好的含煤性。不难看出, 华北晚古生代含煤建造形成于华北板块之上的陆表海环境, 为一巨型聚煤盆地, 形成具有特色的陆表海清水与浑水混合的含煤沉积体系。

具有海相或部分海相成煤环境的我国南方多数上二叠统含煤建造, 同样广泛分布于扬子板块之上, 并具有一定的可比性与稳定性。多数含煤建造形成于海岸带与浅水陆棚环境, 潮汐沉积发育, 碳酸盐台地广泛分布, 含煤性良好, 具有一定分布规律。显示华南上二叠统含煤建造形成于扬子板块之上的陆表海环境, 为另一巨型聚煤盆地, 形成于另一具有特色的陆表海清水或浑水或混合的含煤沉积体系。

识别我国晚古生代含煤建造的陆表海性质及其特色, 确认含煤建造中潮汐沉积及其主导作用, 将是重新认识华北与华南巨型聚煤盆地、探求新的聚煤规律的重要基础。

四、台地、堡岛及其复合的含煤建造沉积体系

60 年代末期, 提出了关于含煤建造的三角洲体系后, 三角洲沉积在含煤沉积学中广为传播和应用。长期以来, 三角洲体系连同河流体系、湖泊体系在含煤沉积学中影响很深。诚然, 我国多数中、新生代煤田和部分晚古生代煤田分别属于上述不同沉积体系, 然而却不能概括我国大部分晚古生代和部分中生代煤田的实际情况。除陆相沼泽成煤环境外, 同样存在着大量海相泥炭坪成煤环境。这一观点的提出突破了海相成煤这一禁区, 为研究聚煤规律开辟新的领域。笔者通过长期对我国晚古生代含煤建造沉积学的研究, 提出了以下含煤建造沉积体系类型:

1. 堡岛含煤建造沉积体系

堡岛体系由成因共生关系的三个沉积系统组成: 砂质堡岛链环境, 包括潮下至露出水面的堡岛海滩系统; 堡岛链后面的水体环境, 包括泻湖、河口湾及潮坪沉积系统; 切穿堡岛并使泻湖与外海连通的潮汐水道环境, 包括入潮口、潮汐三角洲及潮道系统。由于陆表海的性质, 堡岛体系将不是现代陆缘海所示, 而是堡岛链与泻湖潮坪系统多次交替组合, 广泛分布于陆表海中, 形成多堡岛沉积体系。这一规律已由编制的部分华北地区石炭二叠纪含煤建造岩相古地理图所证实。

陆表海堡岛沉积体系主要分布于华北北部太原组及华南部分地区测水组和龙潭组含煤建造。建造旋回结构显著, 进积序列由障壁岛相、泻湖相和潮坪相组成, 其间常夹有潮汐三角洲相和潮道相沉积; 退积序列由泥炭坪相、泻湖相和障壁岛相组成, 其间常夹有冲越扇相和潮道相沉积。

识别障壁岛相、潮道相和潮汐三角洲相是确定堡岛体系的关键。障壁岛相可由滨面相、前滨相、后滨相、风成砂丘相、障壁坪相和冲越扇相等不同微相组成, 不同于河流相和三角洲相。潮道相和潮汐三角洲相显示鲜明潮汐水流特别, 并与泻湖相和潮坪相组合在一起, 也不同于河流相和三角洲相。古代陆表海堡岛含煤建造沉积体系中, 障壁岛相、潮汐三角洲相和潮道相沉积是屡见不鲜的。这些重要的沉积相常易误认为河流相、分流河道相和河口砂坝相, 而堡岛体系则易误认为河流体系或三角洲体系。

煤层形成于泻湖泥炭坪、堡后泥炭坪和潮汐三角洲泥炭坪环境中。由于陆表海的性质, 泻湖泥炭坪分布面积宽广, 可与堡后泥炭坪相互连接, 构成大面积分布, 因而煤层展布广、层位稳定。唯潮汐三角洲泥炭坪面积小, 煤层不甚稳定, 但伴随海水进退与盆地演化, 潮汐三角洲泥炭坪可与堡后泥炭坪连成一片。

2. 碳酸盐台地含煤建造沉积体系

陆表海碳酸盐台地体系是我国晚古生代含煤建造的一个重要体系类型,分布于华北北部本溪组、豫西太原组和华南桂北、桂中、桂南以及黔东合山组和龙潭组。碳酸盐台地体系进一步可划分为两个亚型。

以桂中合山组为代表的台地边缘生物礁较发育,整个体系发育在以台地边缘生物礁相为核心,包括礁前、礁后及开阔台地和局限台地环境上;另一类型则无台地边缘生物礁相发育,整个体系发育在局限台地和开阔台地环境中。煤层形成于台地泥炭坪和礁后泥炭坪环境。台地泥炭坪分布面积宽广,煤层层位稳定,厚度小,变化大;礁后泥炭坪煤层层位较稳定,煤层厚度小至中等。

3. 台地与堡岛复合含煤建造沉积体系

我国北方大部分地区石炭二叠系本溪组、太原组与南方多数地区上二叠统龙潭组合含煤建造多属陆表海多堡岛与碳酸盐台地复合沉积体系。建造旋回结构显著,进积序列由台地相或障壁岛相与泻湖相、潮坪相组成,其间常夹潮道相或潮汐三角洲相;退积序列由泥炭坪相、潮坪相、泻湖相与障壁岛相或台地相组成,其间常夹潮道相或冲越扇相。

由于陆表海的性质,碳酸盐台地体系位于多堡岛体系的外缘。伴随着海平面的变化,多堡岛体系的陆源碎屑沉积与台地体系的碳酸盐沉积在时间和空间上,于陆表海范围内广泛地交织共生在一起。查明障壁岛相、潮道相和潮汐三角洲相是十分重要的,它不同于河道相和分流河道相沉积。这一套陆源碎屑与碳酸盐混生和含煤建造沉积,正反映了陆表海多堡岛与碳酸盐台地的复合体系,而不是三角洲体系。煤层形成于泻湖泥炭坪、堡后泥炭坪和潮汐三角洲泥炭坪环境。以泻湖泥炭坪和堡后泥炭坪分布面积宽广,煤层层位稳定,在适宜条件下可形成厚煤层。

4. 堡岛与三角洲复合含煤建造沉积体系

这一复合体系多见于华北山西组中下部和部分华南龙潭组合煤建造中。煤层形成于三角洲支流间湾或三角洲间湾的泥炭坪上,也可形成于三角洲平原的泥炭沼泽环境中。同一煤层不同地点,可形成于不同的成煤环境。由于陆表海浅水三角洲的特点,三角洲前缘不发育,煤层多形成于三角洲平原泥炭沼泽环境。

五、聚煤盆地的地质事件及其沉积记录

具有海相或部分海相成煤环境的我国北方及南方晚古生代含煤建造分别形成于不同的巨型聚煤盆地中。风暴事件与火山事件沉积是巨型聚煤盆地重要的事件沉积记录,是聚煤盆地等时突发性沉积记录。确认事件沉积及其分布规律是重塑聚煤盆地岩相古地理的重要标志,也是进行区域性地层、煤岩层划分与对比的重要依据。

1. 风暴岩是海相成煤建造常见的事件沉积

华北本溪组、太原组与华南龙潭组合煤建造分别形成于陆表海古地理环境。按其古纬度位于赤道飓风带,具备风暴沉积发育的古地理和古气候条件。野外工作证实,在内蒙准格尔煤田、晋中、豫西、徐州和鲁西南等煤田的本溪组、太原组以及桂中合山组等含煤建造中发育多层风暴岩,其中以石灰岩中风暴沉积出现的频率高,保存完好,甚至全层由风暴与正常天气沉积频繁交替组成。笔者归纳了海相成煤建造风暴岩的下述基本类型:

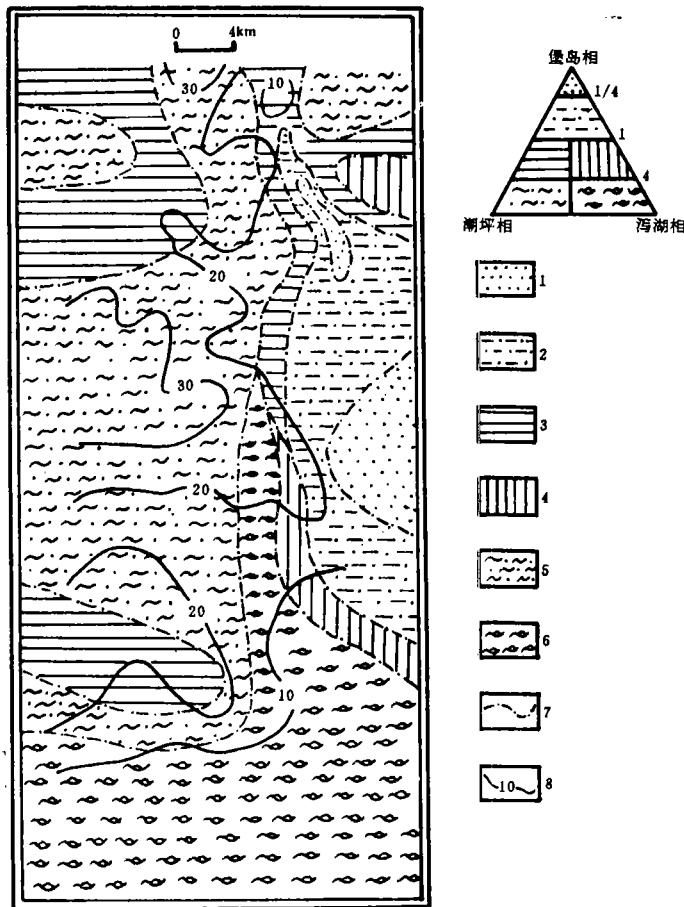
风暴沉积主要由碳酸盐岩风暴岩以及碎屑岩风暴岩组成,主要是回流型风暴岩——远源型、近源型和近源浅水型碳酸盐岩风暴岩、搅动型碳酸盐岩风暴岩和近源砂岩风暴岩。风暴事件与煤层的赋存有着密切关系,常见煤层顶板为风暴岩,并将侵蚀,冲刷煤层,使之变薄甚至尖灭。普

中地区太原组一些煤层顶板多为“蛤蟆顶”，就是明显例证。

由于含煤建造的陆表海性质，堡岛、台地及其复合的沉积体系，风暴强度常受到障壁阻挡而渐弱，加之茂盛的潮汐适盐植物屏壁作用，聚煤盆地风暴沉积的规模和强度都要低于其它地区。

2.火山灰岩是海相成煤建造常见的又一种事件沉积

我国晚古生代含煤建造日益发现更多的火山灰岩沉积，其中以华北太原组以及本溪组和山西组为多。就太原组火山灰岩空间分布状况而言，位于华北板块北部及东部有增多趋势，并以中酸性火山喷发为主。大陆板块边部多为与大洋板块碰撞消减带，为大陆板块边部火山作用创造了条件。同时在大洋板块俯冲带亦有岛弧形成，也为火山作用创造了条件。上述火山作用均为我国晚古生代含煤建造火山事件沉积提供了物源。



1.堡岛相 2.泻湖潮坪—堡岛相 3.泻湖—潮坪相 4.潮坪—泻湖相 5.潮坪相
6.泻湖相 7.相区边界线 8.6号煤等厚线

图4 准格尔煤田6号煤层成煤前岩相古地理图

Fig. 4 The lithofacies-paleogeographic map before No.6 coal seam formed in Jungar coal field

六、煤田岩相古地理研究方法论

围绕海相成煤论的研究,逐步形成一套可行的含煤建造岩相古地理的研究方法,可简单概括为“多剖面定量环境分析、沉积相比值法编图”的方法。从野外第一手单剖面定量环境分析为立足点,将野外观察与室内测试相结合,由点到线、由线到面,多剖面综合研究,在岩性、岩相剖面图的基础上,编制各单因素环境分析基础图件,从时间和空间上分析沉积相的组合与演化。在此基础上,运用沉积相比值法定量编制不同时间段的岩相古地理图和各煤层成煤前与成煤后岩相古地理图,并将各类型岩相古地理图以及基础性图件相互对照,整体分析,进而由面到三维空间,再造聚煤盆地岩相古地理、查明岩相古地理格局及其演化和煤层赋存规律。

这一方法的实质是先从一个个单剖面的定量环境分析入手,然后进行全面分析、综合研究。沉积相比值作图法是利用编图层段内各沉积相厚度间的比值大小进行编图,可采用三角图比值或其它比值法。定量编制的岩相古地理图,各相区边界是依据定量数据确定的。依据沉积旋回,分别将旋回的海退相组和海进相组视为相对等时面,煤层居于旋回中部,并分别作为编图单位编制成煤前与成煤后岩相古地理图(图4),借以查明各煤层成煤前后岩相古地理条件与煤层赋存规律。

七、巨型聚煤盆地的整体研究

我国华北与华南晚古生代煤田是罕见的巨型聚煤盆地,将巨型聚煤盆地做为一个整体进行研究,本身就增加了研究难度,提高了研究的水平,这是重新认识华北与华南巨型聚煤盆地的重要途径。

首先应当将事件地层学、层序地层学和旋回地层学等现代地层学的理论和方法应用于煤盆地的整体研究中,以求取得全盆地性对比。其次应当将板块构造理论与煤盆地沉积作用相结合,查明板缘与板内构造以及煤盆地古构造、同沉积构造与后期构造的特点。运用活动论和海相成煤论,进行煤盆地整体的宏观岩相古地理和聚煤规律的研究,以揭示其固有的规律与特点。

近年来,笔者还将海相成煤论与岩相古地理方法论运用到勘探区或井田的煤田地质勘探中,针对勘探中的生产关键问题,采用孔孔进行定量环境分析,按照岩相古地理方法论的程序综合分析,在进行煤层对比、查明煤层厚度变化、指导勘探设计和“三边”工作中取得了良好的效果。

参 考 文 献

- (1) 刘焕杰, 1982, 中国矿业学院学报, 第2期, 62-69页。
- (2) 刘焕杰, 1988, 沉积学报, 第2期, 45页。
- (3) 刘焕杰等, 1987, 沉积学报, 第3期, 74-77页。
- (4) 刘焕杰等, 1991, 地质出版社, 76-98页。
- (5) 张鹏飞、刘焕杰等, 1983, 沉积学报, 第3期, 20页。
- (6) Richard A. Davis, Jr. 1983, Depositional Systems A Genetic Approach to Sedimentary Geology, Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, p.403-446.

Progress in Coal-forming Theory of Marine Facies

Liu Huanjie Jia Yuru Long Yaozheng He Kanglin
Ma Hongying Guo Yinghai Shi Jian Sang Shuxun

(China University of Mining and Technology)

Abstract

Advancing and deepening in coal-forming theory of marine facies undoubtedly bring the new reform and progress in many fields of the coal-bearing sedimentology. It takes the further steps to enrich and deepen the theory. The foundation for reunderstanding the huge basins of coal accumulation on Late Paleozoic, exploring the new coal accumulation law and enlarging the new coal resources is established. These progresses and achievements are discussed from the following seven research fields.

1. Coal-forming environments of marine facies — coal-forming models of peat flats. Mangroves or tidal plants having a similar bioecology with mangroves could grow abundantly in the intertidal and supertidal flats of tropical and subtropical zones and could form the peat deposits over a large area under the suitable condition. Such the direct coal-forming environments in the tidal flats are called "peat flats". Peat flats and peat swamps are two kinds of environment types with completely different natures, the first of which is the marine tidal flat environments. According to the different characteristics of peat flats on coal-bearing formations of Late Paleozoic in China, peat flats can be classified into five models such as: lagoon peat flats, back barrier peat flats, tidal delta peat flats, carbonate platform peat flats and back reef peat flats types.

2. The research of comparative sedimentology on modern tropical mangrove tidal flats. This paper deals with the characteristics of mangrove plant communities, the deposits of the mangrove tidal flats and the coal petrographic compositions of the mangrove peats, and points out that the sulphur in mangrove peats is characterized by high pyrite contents, the sulphate in water medium of the tidal flats is the final resource of sulphur and the accession of sulphur mainly takes place in penecontemporaneous stage. "The present is the key to the past". It is an important approach to establish the coal-forming environment of marine facies in ancient peat flats from the research of the modern mangrove tidal flats and mangrove peats, and utilizing the method of the comparative sedimentology.

3. The character of the epeiric sea, the tidal deposits and their leading role on coal-bearing formation of Late Paleozoic in China are demonstrated and recognized. Authors put forward that the coal-bearing formations of Late Paleozoic were formed respectively in epeiric environments of Huabei and Yangzi plates which are both huge basins of coal accumulation in North and South China, and are made up with distinctive clean, muddy or mixed coal-bearing sedimentary systems in epeiric sea.

4. Platform barrier island and complex sedimentary systems in coal-bearing formation. If the marine coal-forming environments of peat flats are similarly present a lot except the continental coal-forming environments of swamps, and the restricted zone in coal-forming environments of marine facies is broken through. The new sedimentary systems of coal-bearing formations will be discovered. The barrier island, carbonate platform, the complex with barrier island and platform and the complex with barrier island and delta sedimentary systems in coal-bearing formation have been put forward.

5. Geological events and their depositional records in coal accumulation basins, of which storm and volcanic event deposits are more important. Tempestites are classified as the back flow tempestites — distal, proximal and proximal shallow water carbonate tempestites, the stirring carbonate tempestites and the proximal sandstone tempestites.

6. The methodology on the study of lithofacies—paleogeography of coal field. This can be briefly summarized as the method of “quantitative environment analysis of sections and drawing up maps by means of sedimentary facies ratio”. First, the quantitative environmental analysis of the single field section is as the basis; second, the procedure from point to line, from line to face and from face to three-dimensional geometry is used to combine field observation with indoor analysis; third, on the basis of the lithological and lithofacies sections, the basis map of each single factor is compiled; fourth, lithofacies—paleogeographical maps in varied periods and these of before and after the coal formed of each seam are quantitatively drawn up by sedimentary facies ratio; Finally, it can be reconstructed the paleogeography of the coal accumulation basin and found out the distribution of coal seams by comparing all kinds of lithofacies—paleogeographical maps with the basin maps and analyzing them entirely.

7. Entire research in huge basins of coal accumulation. In order to reveal its inherent laws and characteristics, more attention should be paid to theories of modern stratigraphy, plate tectonics, mobilism and coal-forming of marine facies to study entirely the huge basins of coal accumulation.