

文章编号: 1001-1986(2001)03-0010-04

# 中国菌藻类煤的成因分类 形成条件及其特征

解光新, 李小彦, 庄军 (煤炭科学研究院西安分院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 运用煤岩学和地球化学方法, 对中国山西浑源等 4 个典型的菌藻类煤进行了综合研究, 结果表明, 菌藻类煤在物理、化学组成和特性上与腐植煤有明显的区别; 其形成环境主要受 pH Eh 值和有机质含量的制约, 其中皮拉藻和轮奇藻具有含量高、生存时间长的特征; 并在此基础上对菌藻类煤作了成因分类。

**关键词:** 菌藻类煤; 分类; 形成环境; 特征

中图分类号: P618. 1104 文献标识码: A

## 1 引言

依据成煤原始质料将煤分为腐植煤、腐泥煤和过渡型的腐植腐泥煤(或腐泥腐植煤)。同时又根据煤的显微组分划分出藻煤、烛藻煤、藻烛煤和烛煤等特种煤。但从目前发表的文献资料看, 对上述特种煤的分类尚缺乏确切的含义厘定, 对其沉积环境和物理化学特征较系统地研究亦不多见。本文针对上述几个问题进行了一些初步探讨。

## 2 菌藻类煤的含义

本文中菌藻类煤包括了藻煤、烛藻煤、藻烛煤和胶泥煤或腐泥煤, 以下出现的菌藻类煤即指此 4 种特种煤。此类煤与腐植煤无论在物理、化学性质方面还是宏观、微观特征上均存在明显的区别。目前我国还未见到有关藻煤、烛藻煤、藻烛煤和胶泥煤从菌藻的含量方面进行定义。本文根据煤的显微煤岩组分(去矿物质)对各煤类(尤其对菌藻类煤)进行了成因分类(表 1)。此分类方案, 对各种煤的显微组分给出了一个相对明确的量的概念。

## 3 菌藻生物的生态和环境

通过对浑源小麦峪、蒲县东河、水城大河边和窑

街海石湾四个菌藻类煤矿点进行描述和镜下的分层研究, 发现藻类的生活环境是多样化的, 可以生活在淡水湖泊和开阔的泥炭沼泽及堵塞的河道中, 也可以生活在半咸水的泻湖、滨海湖泊中, 或者在浅海咸水中生存。总的反映了菌藻生物生活的水体深度大于 3 m, 无高等植物生活地区。

### 3.1 菌藻类煤的分布特征

各矿点菌藻类煤层位见图 1

#### 3.1.1 浑源小麦峪矿

菌藻类煤厚度为 0.9 m, 其中藻煤厚 0.5 m, 位于太原组中部 7 号煤层之下。在平面上为似层状, 分布面积约 16 km<sup>2</sup>。剖面从下而上可分为烛藻煤→藻煤→烛藻煤。显微镜下共分 4 个分层如图 1 中的 2 所示, 藻煤可分为以层状藻为主的藻煤和以结构藻为主的藻煤。

#### 3.1.2 蒲县东河矿

菌藻类煤厚度为 0.6 m~1.6 m, 其中藻煤厚 0.33 m, 位于山西组 2 号煤层下部, 见图 1 中的 3, 顶部为油页岩或泥岩, 底板为具水平层理的泥岩, 同样是湖水较深的环境。在平面上分布局限, 不到 6 km<sup>2</sup>。野外分为 3 个分层, 镜下共分 4 个分层, 均呈透镜状分布。

收稿日期: 2000-11-28

基金项目: 煤炭科学基金资助(编号 96 地 2081)

作者简介: 解光新(1957—)男, 安徽凤阳人, 煤炭科学研究院西安分院高级工程师, 主要从事煤田地质、地球化学研究。

## Characteristics and Floatability of Longshan fuel coal in southwest Guizhou province

NIE Ai-guo, MAO Jia-ten (Institute of Resource and Environment, Guizhou University of Technology, Guizhou 550003, China)

**Abstract** The Longshan fuel coal is studied through macroscopic examination, microscopic identification, proximate analysis, screening test, floating and sinking tests. The results show that the lithotype of the fuel coal ranges to bright coal and gas-fat coal in rank; the coal is characterized by high sulfur and ash contents. The floatability of raw coal is in the middle degree.

**Key words** coal characteristics; fuel coal; floatability; Longshan

表1 煤的成因类型分类

| 成因分类               |     | 显微组分(去矿物基)% |          |      |       |       |           |     |
|--------------------|-----|-------------|----------|------|-------|-------|-----------|-----|
|                    |     | 腐植物质        |          |      | 菌藻物质  |       |           |     |
|                    |     | 镜质体+惰质体     | 角质体+树皮体等 | 孢子体  | 结构藻类体 | 层状藻类体 | 微粒体+沥青质体  | 菌类体 |
| 腐植<br>煤类           | 腐植煤 | 腐植煤         | > 75     | < 25 |       |       | < 15      |     |
|                    | 残植煤 |             | < 25     | > 50 |       |       |           |     |
|                    | 树皮煤 |             | < 25     | > 50 | < 5   |       |           |     |
|                    | 烛煤  |             | < 50     | > 50 |       |       | < 15      |     |
| 腐植腐泥煤(或腐泥<br>腐植煤)类 | 藻烛煤 |             | < 25     | > 25 |       |       | ≤ 50 ≥ 15 |     |
|                    | 烛藻煤 |             | < 25     |      |       |       | 50~75     |     |
|                    | 藻煤  |             | < 25     |      |       | > 75  |           | < 5 |
| 腐泥煤类               | 胶泥煤 |             | < 25     |      | < 5   |       | > 75      |     |
|                    | 腐泥煤 |             | < 25     |      | < 5   |       | > 75      | < 5 |

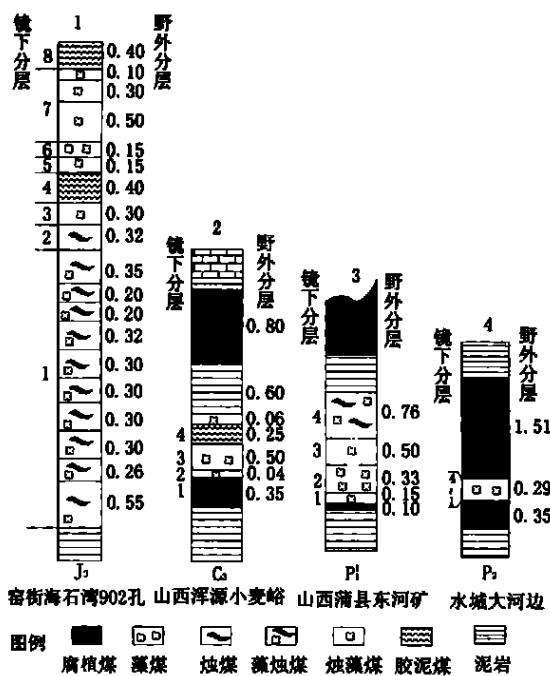


图1 我国不同地区不同时代藻煤柱状图

### 3.1.3 水城大河边矿

菌藻类煤厚度为 0.29 m,其中藻煤厚度小于 0.15 m 是夹在龙潭组 C406煤层中的透镜体见图 1 中的 4,分布面积不到 2 km<sup>2</sup>。其上下均为腐植煤,为浅水泥炭沼泽环境中局部水体加深后沉积的藻类煤夹层 在镜下可分为 2个烛藻煤分层和藻煤及胶泥煤共 4个分层。

### 3.1.4 窑街海石湾 902 孔

菌藻类煤厚度为 5.62 m,层位为中侏罗统窑街组,其分层特征见图 1 中的 1 野外共分 18个分层;镜下可分为 8个分层 藻煤只一个分层,厚 0.02 m,2层胶泥煤厚度均为 0.40 m,其他主要为烛藻煤和藻烛煤。这可能是与成煤面积相对较小,高等植物碎屑较易漂入湖中,致使水体腐植酸浓度偏高,阻碍了藻类的大量繁衍,仅在短暂的时间内发育了藻煤层。

上述四个矿点藻类生活条件明显不同,浑源小麦峪和水城大河边均为海陆交互成煤环境,水体以半咸水为主;蒲县东河山西组,因离海较远,水体为淡水或微咸水 窑街海石湾为内陆淡水环境。

### 3.2 菌藻生物的生态环境与保存

菌藻生物以浮游生态为主,主要生活在具有氧气、阳光照射等营养丰富的水体表层(约 0.30~0.50 m)处 死亡后多沉入水层底部,在缺氧的还原环境中得到保存。由于菌藻生物由脂肪类物质组成,故在煤化作用过程中,一般在形成肥煤之前就开始分解,在焦煤之后就很难见到 而且由于菌藻类化石本身个体很小(多小于 10~100 μm),只有个别藻类如含油质较高的皮拉藻和轮奇藻类,和一些被矿化了的菌藻生物化石被保存下来 菌藻类化石保存条件是相当困难和复杂的,其受分解程序、矿化程度和煤变质阶段等因素的影响明显。

从图 1 中可以看出藻类生物对环境变化十分敏感,分层厚度往往很薄,藻类数量和个体大小相差在 10倍以上。对于这种现象作者认为主要受以下因素影响

- 微环境的变化,如海陆变迁, pH 值的变化等;
- 生长时间长短有别,个体大的生存时间较长;
- 胶泥煤是强还原条件下,分解或煤化作用强化的结果;
- 藻类表面和边部的结构清晰程度不同,反映了分解强弱的变化,而这种变化受控于 Eh 值,Eh 值不能太小(还原性太强),也不能太大(大于零为氧化环境),也就是说在弱还原条件下,可能保存最为有利;
- 高等植物碎屑量的增加,常导致藻类的减少,个体变小,说明高等植物溶解的酸含量会抑制藻

表 2 腐泥煤类及腐植腐泥煤类煤岩显微组分含量  $\varphi_B \%$ 

| 矿区    | 层位      | 煤种  | 镜质组   | 惰质组  | 藻类体+沥青质体<br>+微粒体+菌类体 |
|-------|---------|-----|-------|------|----------------------|
| 浑源小麦峪 | $C_3$   | 藻煤  | 4.10  | 1.38 | 88.60                |
|       |         | 烛藻煤 | 5.84  | 3.75 | 56.70                |
| 蒲县东河  | $P_1^1$ | 藻煤  | 2.50  | 1.00 | 96.00                |
|       |         | 烛藻煤 | 15.00 | 1.50 | 74.00                |
| 水城大河边 | $P_2$   | 藻煤  | 3.00  | 2.00 | 83.50                |
|       |         | 烛藻煤 | 7.70  | 8.80 | 59.00                |
| 抚顺老虎台 | E       | 腐泥煤 | 3.50  | 1.20 | 95.00                |
| 窑街海石湾 | $J_2$   | 藻煤  | 7.40  | 3.40 | 71.00                |
|       |         | 烛藻煤 | 9.02  | 3.00 | 85.00                |
| 徐州沛屯  | $C_3$   | 藻煤  | 6.00  | 2.30 | 91.70                |

注: 表中煤岩显微组分含量不含矿物质。

## 类的生存和繁殖

### 4 菌藻类煤的特征

#### 4.1 宏观特征

致密块状, 坚韧, 手感轻, 易燃, 具沥青味, 常具贝壳状断口。

#### 4.2 煤岩显微组分

其主要特征是煤中含菌藻物质, 尤其藻类物质含量一般大于 50%。作者对浑源等 4 个煤层柱状进行了煤岩显微组分测定, 其结果见表 2。从表中可以看出, 藻煤和烛藻煤中藻类物质含量 56.7%~96%, 平均为 78.06%。而镜质组含量平均小于 9%, 惰质组含量小于 3%, 与腐植煤类含量具有根本的区别。

#### 4.3 煤质特征

菌藻类煤煤质化验分析结果见表 3。

由表中结果可见菌藻类煤的最大特点是:

- a. 氢含量平均为 8.5%, 比腐植煤高约 1 倍;
- b. 低温干馏焦油产率高, 比腐植煤平均值高 4~5 倍;
- c. 在埋深相同的同一煤层, 镜质组反射率比腐植煤类低 0.1%~0.2%;
- d. 碳含量相对偏低, 比腐植煤类同等灰分和

表 3 菌藻类煤煤质分析结果表

| 矿 区   | 煤种 | $M_{ad}$ | $A_d$ | $V_{daf}$ | $S_{d,d}$ | $C_{daf}$ | $H_{daf}$ | $N_{daf}$ | $O_{daf}$ | $T_{ad}$ | $R_{max}$ | 层位      | $w_B \%$ |
|-------|----|----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|---------|----------|
| 浑源小麦峪 | 藻煤 | 0.91     | 13.11 | 73.95     | 1.81      | 79.16     | 10.92     | 0.97      | 6.04      | 25.02    | 0.32      | $C_3$   |          |
| 蒲县东河  | 藻煤 | 0.69     | 12.49 | 49.46     | 0.56      | 85.09     | 7.33      | 1.49      | 6.26      | 22.24    | 0.58      | $P_1^1$ |          |
| 水城大河边 | 藻煤 | 0.63     | 13.58 | 62.82     | 1.12      | 78.15     | 8.01      | 1.36      | 6.12      | 26.03    | 0.53      | $P_2$   |          |
| 窑街海石湾 | 藻煤 | 1.27     | 11.42 | 63.62     | 0.96      | 77.71     | 7.72      | 1.46      | 11.05     | 24.78    | 0.57      | $J_2$   |          |

表 4 不同煤类有机组分含量特征  $w_B \%$ 

| 族组分 | 腐植煤   | 烛煤    | 腐植<br>腐泥煤 | 藻煤    |       |       |       |
|-----|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
|     |       |       |           | 浑源    | 蒲县    | 大河边   | 海石湾   |
| 烷烃  | 14.86 | 12.33 | 5.70      | 5.68  | 6.71  | 4.76  | 6.03  |
| 芳烃  | 28.65 | 26.38 | 15.30     | 15.10 | 73.08 | 37.57 | 18.79 |
| 非烃+ | 57.05 | 61.29 | 79.00     | 79.22 | 70.21 | 56.88 | 75.08 |
| 沥青质 |       |       |           |       |       |       |       |

同等变程度煤的平均碳含量低 5%~10%。可见藻煤为富氢含油高的煤类。

#### 4.4 荧光强度

浑源小麦峪等 4 个不同时代、相近煤级 ( $R_{max}=0.32\% \sim 0.58\%$ ) 的特种煤, 在蓝光激发下  $\lambda_{max}$  为 505~560, 荧光强度为 5.95~7.20, 是同煤级腐植煤类荧光强度 (2.43) 的 2~3 倍。

#### 4.5 有机地球化学

不同煤类及不同煤级有机抽提物及族组分含量是不同的 (表 4)。在有机抽提组分中, 腐植煤类饱和烃和芳烃平均含量较高, 而沥青质平均含量偏低; 菌藻类煤中沥青质与非烃平均含量高于腐植煤。在腐泥煤类中非烃+沥青质平均含量大于芳烃, 亦大于烷烃。

菌藻类煤的红外光谱曲线与腐植煤形态存在一定的差别。(图 2)图中 1 为腐植煤曲线, 其吸收峰为 3030, 1600, 860 和 750; 2, 3, 4, 5 为藻煤曲线形态, 它们与腐植煤不仅形态不一致, 而且吸收峰也不相同, 如藻煤 2920, 2860, 1460, 1380 和 1020 峰较强, 尤其是 2920 和 2860 峰强度比腐植煤类大。导致上述不同的峰态和波长, 是由于不同煤类组成的母质和煤核中官能团成分不同所致。

在有机地球化学中腐泥煤类的主峰碳多偏低, 一般小于  $C_{22}$ ,  $Pr/Ph$  值一般为 1.0 左右, 与腐植煤的主峰碳多大于  $C_{25}$ ,  $Pr/Ph$  值多为大于 2.0 相区别。

#### 4.6 稳定同位素

不同环境和质料所形成的煤, 其碳稳定同位素值是有差异的。海生植物有机碳  $W^3C = -8\% \sim -17\%$ , 陆生植物有机碳  $W^3C = -24\% \sim -34\%$ ; 腐植煤  $W^3C = -19.94\% \sim -30.8\%$ , 但主要分布在

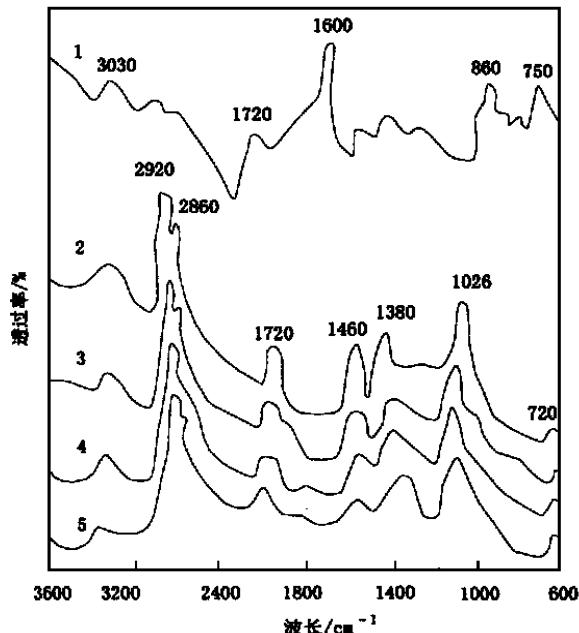


图 2 菌藻类煤与腐植煤类红外光谱曲线比较

1—腐植煤; 2—蒲县藻煤; 3—大河边藻煤;  
4—浑源藻煤; 5—海石湾藻煤

$-22\% \sim -26\%$ 之间,其中值为 $-24.3\%$ ;腐泥煤  
 $W^3C = -28\% \sim -36\%$ ,中值为 $-32\%$ ,比腐植煤平均轻 $8\%$

此次研究的三个矿点的藻煤为:水城 $W^3C = -30.8\%$ ,浑源 $W^3C = -32.2\%$ ,海石湾 $W^3C = -29.6\%$ ,平均为 $-30.8\%$ 。说明3个样品中含有一定量的陆生有机碳,使 $W^3C$ 偏重 $1.2\%$ 左右,此与实际情况相符。

#### 4.7 母质组成

菌藻类煤主要由脂肪类组成,不含纤维素

#### 4.8 生烃性

菌藻类煤生成甲烷量比腐植煤高1~2倍,其生油率则比腐植煤高达5~6倍。

## 5 结论

a. 本文以浑源小麦峪等四个矿点为基础,并收集了其他18个矿点的菌藻类煤资料为对象,研究证明煤层中含有数量不等的菌藻类生物,且以皮拉藻和轮奇藻含量最高,保存最好、跨越时间最长(从晚古生代到新生代),而且具有很高的含油性,这将为煤成烃作出重要的贡献

b. 菌藻生物生活条件受pH Eh值和有机质含量的严格制约并决定了菌藻类的数量和个体大小。菌藻类在平面分布上由湖盆中心的60%,向边缘逐渐减少为2%。

c. 菌藻类煤在物理化学组成上与腐植煤类具有明显的区别,特别是其生烃能力优于腐植煤类,因此在评价煤成烃资源时,加强菌藻类煤的研究具有实际的意义。

d. 菌藻类煤的分类和厘定,从理论上探讨了各煤类的意义,补充了煤田地质学和煤岩学的不足,而其特定的沉积环境,对恢复聚煤环境具有实际意义。

## 参考文献

- [1] 傅家謨等. 煤成烃地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [2] 程保洲. 山西省晚古生代沉积环境与聚煤规律 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1992.
- [3] 韩德馨等. 中国煤岩学 [M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1996.
- [4] 于津生等. 中国同位素地球化学研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] E. 斯塔赫等著(德),杨起等译. 煤岩学教程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1990.
- [6] 庄军. 菌藻类煤核的发现及其地质意义 [J]. 煤炭学报, 1983, 24(3): 15~22.

## Classification, forming conditions and characteristic of sclerotia-algal coals, China

XIE Guang-xin, LI Xiao-yan, ZHUANG Jun

(Xi'an Branch, CCRI, Xi'an 710054, China)

**Abstract** The study area covers 4 mines producing sclerotia-algal type coal in Hunyuan, Shanxi Province. The study combined both coal petrologic and geochemical methods indicated that the sclerotia-algal coal is physically and chemically different from humic coal apparently, the forming environment is mainly controlled by pH, Eh and organic content, in which Pila-Alginite and Reinschia-Alginite are highly dominated. Based on the study results the genetic classification is put forward.

**Key words** sclerotia-algal coal; classification; forming environment; characteristic