

# 布朗意—蒙索盆地煤相研究

吴新群

(中国科学院地球化学研究所广州分部)

P. Bertrand

(法国奥尔良大学有机岩石学实验室)

**摘要** 本文以布朗意—蒙索盆地厚度达40m的第一煤层为单元,根据煤样光片光泽、色彩及组构划分出八类煤相。用有机岩石学方法及热解分析法详细研究了这些煤相。结果表明该煤层主要为微异地—异地沉积,生源输入以木本植物为主;煤层内部也存在类似煤系地层那样的旋回沉积,其原因推测为泥炭非均一性引起差异压缩,煤相的变化主要由水动力条件及水平面高低引起。这种变化明显影响了显微组合的物理—化学性质,如镜质体反射率、孢子体荧光及煤相的氢指数。该研究还指出了各种沉积环境标志物的可靠性。

**关键词** 煤相 有机岩石学 煤素质

**第一作者简介** 吴新群 男 28岁 博士后 有机岩石学与有机地球化学

## 前言

煤沉积古环境的重建是现代沉积学的一个重要研究课题。事实上,煤沉积条件在很大程度上决定其产状及质量。对煤沉积的研究以往大都建立在碎屑围岩上(Merriam,1964)。随着煤岩学的发展,对煤相本身的研究越来越多(Stopes,1919;Teichmüller,1962;Smith,1984;Ting,1989)。从宏观煤岩类型到显微煤岩类型,国际煤岩学会均有其相应的定义(ICCP,1971)。结合其它学科对煤相的研究已成为当前研究趋势,尤其是有机地球化学(Hagemann et al,1979;Winkler,1986)和古植物学。

布朗意—蒙索煤盆地位于法国中央高原东北部。其中第一煤层变质程度低、厚度变化大、埋藏浅为研究煤相提供了良好的地质条件(Wu & Berband,1989)。而以往的基础地质工作(Branchet,1983)为深入研究煤相打下了坚实的基础。

本文在应用有机岩石学及有机地球化学方法研究煤的沉积环境。第一煤层为单元,在煤样光片上根据其光泽、色彩及结构(可见颗粒的形状,大小及排列等)划分出煤相。对这些煤相,分析其显微组分、结构及一些物理—化学性质(反射率、荧光、热解分析)及其沉积学意义;再根据其空间分布状况,重建其沉积环境及过程。

## 1 地质背景及采样

长一百多公里、宽十多公里的布朗意煤田位于法国中央高原东北部(图1)该套斯太艺B时代的煤层地层,沉积在结晶地台上,被描述为山前冲积平原沉积。

布郎意—蒙索盆地位于煤田的南缘,含九煤层,其中第一煤层厚度变化大(2m—40m)、不均一,经常夹一些砂或砾石透镜体。该煤层处于长焰煤变质阶段(Wu & Bertrand, 1989)在巴哈为露采。20个样品,编号分别为B<sub>1</sub>—B<sub>20</sub>从该露采区取得。

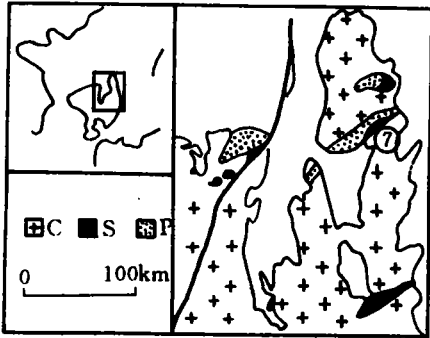


图1 布郎意盆地位置

1. 布郎意煤盆地 C. 结晶基底 S. 斯蒂芬 B(C<sub>3</sub>) P. 二迭系

Fig. 1 Location of Stephanien coal

basin of Blanzky—Montceau

## 2 研究方法

所有样品制成光片,在光片上,根据光泽色彩及组构划分出煤相共归为八类。

对其中最常出现的煤相(煤相B),笔者在其出现的所有样品上作显微组分及反射率分析,结果表明煤相有相对稳定性。对其它煤相所进行的岩石学分析(包括显微组分定量、反射率测定、孢子体荧光分析、显微岩石学变型分析)、有机化学分析(Rock Eval 热解分析)仅对在出现的一两个样品上。

显微组分、显微煤岩类型和反射率测定均

用 Leitz 公司产 MPV compact 显微镜,其中组分定量用 swift 公司产的自动计数器,而镜质体反射率测定按国际煤岩学会标准进行。荧光分析使用 Leitz 公司产 MPV—3 显微荧光光度计。热解分析则使用 Delsi 公司产的 Rock—Eval III。

## 3 结果与讨论

根据前述的方法划分煤相并归为八类,分别命名为煤相 A、B、C、D、E、F、G、H,其宏观显微物特征及显微组分测定结果分别见表 1 和表 2。

表 1 煤相宏观和显微特征

煤相	宏观特征	显微特征
A	层理差、黑色致密,含镜煤和丝煤透镜体的亮煤,透镜体厚度可达 1cm。	基质微镜煤为主,含少量过质体及丝质体。矿物质含量极少。图版 A
B	层理差,半亮煤,基质为深灰至灰黑,可见磨圆度较好的镜煤透镜体。	微亮煤和结构微镜煤为主。前者含丰富的孢子体、树脂体、碎屑丝质体及少量的粘土矿物。图版 B
C	层理好、丰亮煤、深灰色,含黑亮的镜煤细条带。	微亮煤占主导、富含角质体、孢子体及碎屑丝质体。镜煤细条带为叶镜质体,含少量矿物质。图版 C
D	无层理,暗亮煤、灰色。含不规则状镜煤和丝煤碎片。	以基质微镜煤为主,含大量碎屑镜质体和碎屑状微亮煤。壳质体极少,矿物质含量高。图版 D
E	层理差、暗亮煤、灰白色、均一,几乎见不到有形元素。	基质微粒煤为主含大量霉状黄铁矿颗粒。图版 E
F	层理差暗亮煤灰色,含许多黑色无光泽的椭圆形颗粒(直径小于 3 毫米)。	以结构镜质体和碎屑镜质体为主。前者常被粘土矿物支解,壳质体及丝质体含量极少。图版 F
G	暗煤,含镜煤和丝煤碎块。灰白色。以细条带状夹在其它煤相中。	以碳质泥岩为主。图版 G
H	泥岩—暗煤,以较厚层出现 >1cm。	由泥岩及碳质泥岩组成。图版 H

表 2 煤相显微组成及凝胶化指数和植物组织保存指数

煤相	T+TC	DC	CC	VD	F	SF	ID	E	M	IG	IPT
A	41.3	43.8	0	0	2.8	1.6	0	6.9	3.5	60.5	1.0
B	37.8	40.6	3.3	3.8	0.8	0.2	2.9	9.4	1.2	21.5	1.1
C	47.1	21.7	7.8	2.7	1.5	2.1	3.3	12.3	1.5	28.6	1.5
D	43.7	16.3	5.8	15.7	0	0	1.0	2.3	15.2	81.5	1.1
E	12.0	55.0	1.2	7.0	0	1.8	1.2	7.0	14.8	25.0	0.2
F	27.0	5.4	0.4	32.0	1.6	0.8	3.8	1.8	27.2	10.5	0.7
G	20.7	15.3	0.7	10.5	0.6	0.6	3.7	2.3	45.6	9.6	0.8
H	20.1	9.9	1.8	19.8	0	0.5	1.8	3.1	43.5	64.5	0.7

T+TC=结构镜质体+均匀镜质体;DC=基质镜体;CC=团块镜质体;VC=碎屑镜质体;F=丝质体;SF=半丝质体;ID=碎屑丝质体;E=壳质体;H=矿物体+有机矿物基质;IG=凝胶化指数= $\frac{T+TC+DC+CC+VD}{F+SF+ID}$ ;IPT=植物组织保存指数= $\frac{T+TC+F+SF}{DC+ID+VD}$  (Diessl,1986)。

研究表明,该煤层以亮煤为主,其次为暗煤或碳质泥岩;镜煤最少,以透镜体出现在其它煤相中。显微组分大都以结构镜质体和均匀镜质体为主要成分,少数以基质镜质体为主;其它组分含量极少超过 10%,而矿物质含量变化很大。

各煤相镜质体反射率测定结果表明(表 3)煤相 A、D、和 E 以反射率比其它煤相略高。孢子体荧光光谱红绿高(QF-535)与镜质体反射率具较好的相关性表明,它们经受过相同的早期成岩作用,而这种作用的强度在各相中是不同的。

表 3 各煤相镜质体反射率

煤 相	A	B	C	D	E	F	G	H
分析样品数	2	9	2	2	1	1	2	2
平均反射率 (%)	0.63	0.53	0.54	0.61	0	0.47	0.50	0.53
标准偏差	0.03	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06

表 4 煤相 Rock-Eval 热解分析结果

煤 相	A	B	C	D	E	F	G	H
分析样品数	2	9	2	2	1	1	2	2
有机碳 (%)	71.6	71.0	77.3	73.9	64.5	45.6	62.3	26.7
自由烃 (S <sub>1</sub> ,mg/g)	1.02	1.86	1.31	0.87	0.87	0.83	0.97	0.57
热解烃 (S <sub>2</sub> ,mg/g)	71.5	138.5	14.01	99.6	77.9	101.9	72.7	43.3
氢指数 (IH,mg/g·CO <sub>2</sub> )	99	195	181	134	120	223	116	161
最高温度 (°C)	430	428	423	427	427	425	435	436

表 4 列举了各煤相热解分析结果,可以看出,有机碳含量和氢指数变化较大,图 2 展示了有机碳含量与矿物含量的负相关性。若假定有机质组成一定,则可以有机碳含量 72%为起点(六个低矿物含量样品的有机碳平均值)画一条理论稀释直线(图 2 中虚线),该直线与实际相关回归直线有一定的偏移。这表明有机碳含量的减少,除矿物质侵入造成的稀释效应外,矿物

质的入侵同时也伴随着有机质组成的改变,这种变化可以以图3反映出来,可以看出,矿物质含量越高,碎屑镜质体和碎屑丝质体含量越高,而壳质组含量则下降。

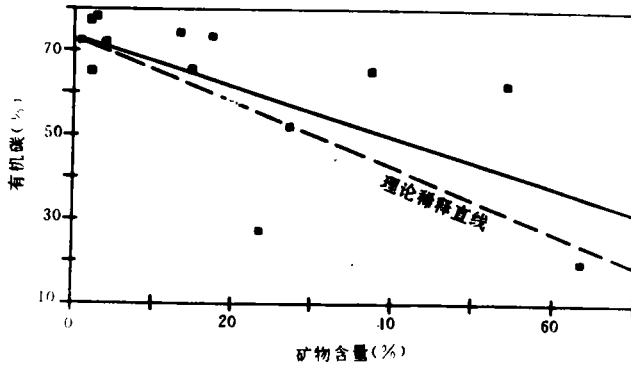


图2 煤相有机碳与矿物含量相关图

Fig. 2 Correlation between the total organic carbone of coal facies and the mineral volumn

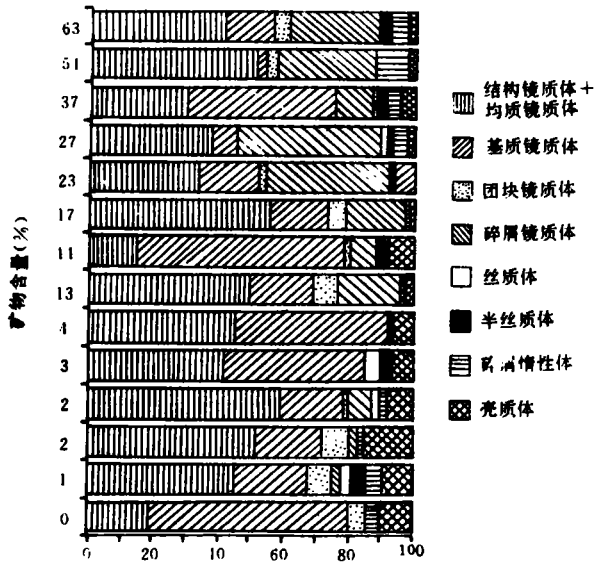


图3 煤相亚微组成变化与矿物含量关系

Fig. 3 Variation of petrographical composition of coal facies and its relation with mineral volumn

笔者试图用显微组分来解释氢指数的变化,但结果表明除与壳质组含量具微弱的正相关外,氢指数与其它显微组分含量均无相关关系。这说明,一方面烃类主要来自壳质组,另一方面,用传统光学法鉴定的镜质体成因类型不能代表其化学性质的差别(Bertrand,1989)。

## 4 煤相的沉积环境

从凝胶化指数和植物组织保存指数的关系可以推测本煤层沉积地理位置相当于下三角洲平原,属于潮湿的低位沼泽(Diessel, 1986)。尽管如此,其上形成的各种煤相在生源输入、沉积方式、水动力条件、氧化—还原条件、酸碱度等环境参数是各不相同的,现分述如下:

**煤相 A** 用结构镜质体、均质镜质体、半丝质体、丝质体和树脂体含量之和可以粗略地评价木本植物的贡献,而用基质镜质体含量可直接评价草本植物和小灌木的贡献(Russel & Barron, 1984)。根据显微组分定量结果(表 2),煤相 A 中木质与草质输入几乎同等重要。

本煤相层理和矿物质几乎缺失,而粗块的镜煤式丝煤则时续可见,这表明该煤相水动力条件较弱,沉积以原地为主。

火焚丝质体的出现意味着水平面很低的氧化环境,这很可能是由于高的堆积速度造成的,在这种环境下形成的镜质体反射率偏高,而氢指数明显偏低。

**煤相 B** 虽然基质镜质体含量略高于均质镜质体,但若考虑其明显的碎屑特征,木质输入仍占重要地位。只是由于搬运距离较长,这可从镜质体颗粒较好的磨圆度反映出来。

除搬运用作用可使镜质体等颗粒碎成细粒外,水的强烈动荡也可使镜质体等碎解。另外,中等的层理也表明水动力条件较强。孢子体的大量出现可能意味着一种潮湿偏酸性的环境。本煤相氢指数明显升高。

**煤相 C** 粗块的镜煤和丝煤在本煤相中缺失,代之而起的是细长条形的叶镜质体和具碎屑特征的基质镜质体,这表明一个微异地沉积,以草质输入为主的次水生环境(Smith, 1962)。另外,树脂体极少出现,而角质体则大量出现。本煤相氢指数也明显偏高。

**煤相 D** 该煤相具明显的碎屑特征:层理缺失;颗粒分选极差,磨圆度不均一。碎屑颗粒除单组分外,还可见到双组分的显微煤岩类型如微亮煤。碎屑矿物如石英和粘土矿物含量也明显高于前述煤相。因此这是一个具较快的堆积速度,以微异地或异地木质输入(含改造的泥炭)为主的煤相。其形成时水动力条件很强,氧化程度较高,加上矿物质的稀释效应,壳质组含量极低,镜质体反射率偏高,氢指数明显下降。

由于本煤相仅出现在煤层上部的河道砂岩体附近,可以推测其与河道砂岩体充填时的溢岸沉积有关(Guion, 1987)。

**煤相 E** 基质镜质体含量高表明该煤相生源输入主要为草本植物。而碎屑矿物如石英的出现也意味着一定距离的搬运。

该煤相形成时的水介质应为强还原环境,这可从伴生的分散于基质镜质体中的霉状黄铁矿反映出来。而有机质受到较弱的生物化学改造作用(Berner, 1984)。结果镜质体反射率偏高,而整个煤相的氢指数降低。

**煤相 F** 结构镜质体和团块镜质体的大量出现反映了木本植物为主的生源输入。其磨圆度均较高,说明一定距离的搬运或受强的水动力搅动。

除结构镜质体细胞腔被粘土有机质充填外其细胞壁和团块镜质体也都被粘土矿物浸染使这个煤相的有机碳含量和镜质体反射率下降。相反,氢指数明显升高,这可能与富氢镜质体有关,因为该煤相壳质体含量极小。

**煤相 G** 除碎屑镜质体外,结构镜质体仍占主要部分,表明生源输入仍以木本植物为

主。碎屑矿物如粘土、石英非常丰富,一些显微组分可见改造痕迹、如树脂体边缘荧光度弱均质镜质体边缘半丝质化,这表明该煤相为异地沉积,在搬运过程中,一些组分受改造。

该煤相以薄层夹在其它煤相中,在该煤相与下伏煤相的交界处,常可见细脉状(枝状)黄铁矿,这表明在这两相的界面水介质为偏中性的还原环境。

**煤相 H** 该煤相具明显的碎屑特征,碎屑矿物含量甚至多于有机质含量。由于该岩相仅出现在煤层上部河道砂岩体边缘,且粒度有从河道砂体向边缘递减的趋势。通常夹一些细长的镜煤条带,层理略发育。所有这些迹象表明,该煤相很可能为河道充填时的溢岸沉积(Guion, 1987)。

## 5 煤相的空间分布与煤层的形成

图 4 展示了各煤相在样品中,样品在煤层中的分布情况。可以看出,其中最常见煤相(煤相 A、B、C 和 G)在一起而形成几个厘米厚的沉积序列。在该序列中,从底到顶的煤相排列次序一般为 A、G、B 或 C;从 A 到 G 常为突发性过渡,而从 G 到 B 或 C 则较为连续。该序列可出现在煤层任何位置。煤相 D 和 H 仅出现在煤层上部,且接近河道砂体。而煤相 E 和 F 仅一次出现在煤层下部。

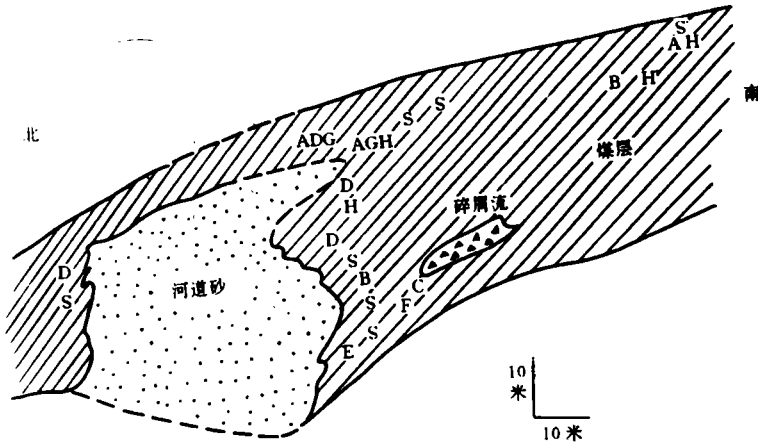


图 4 煤相及典型沉积序列(S)在煤层中的分布

Fig. 4 Disposition of coal facies or typical sequence (S) in coal seam

从煤相的分布情况可以得知,该煤层主要由一沉积序列的重复出现和煤相 D 和 H 组成。每一序列由一相对干燥的环境开始,由于形成的泥炭缺少矿物质,其可压性较大,除自身负重引起压缩外,一旦有较重的负载降临,其压缩性更大。这样,当有洪水泛滥或水平面升高时,在沼泽内部就可形成许多由泥炭的差异压缩形成的凹陷(Gastaldo et al, 1989)。在这些凹陷内,沉积一些具明显碎屑特征的碳质泥岩(煤相 G)和再沉积泥炭(煤相 B),随着这些凹陷的填平,良好的次水生环境使一些草本植物得以生长,形成煤相 C。其它煤相的形成可解释沼泽内突发性事件,如溢岸沉积可形成煤相 D 和 H。

## 结语

从本研究中, 可以得出以下几点认识:

- (1) 布朗意—蒙索第一煤层主要为微异地—异地沉积, 生源输入以木本植物为主;
- (2) 该煤层内部存在类似于煤系地层常见的旋回沉积, 其原因主要是泥炭的不均一性造成差异压缩;
- (3) 煤相的变化主要由水动力条件及水平面高低引起。这种变化明显影响植物的生长和沉积方式, 以及水介质化学性质。最终影响到显微组合的物理化学性质, 如镜质体反射率、孢子体荧光、煤相的氢指数;
- (4) 较可靠的环境指标有: 均质镜质体/非均质镜质体可较好反映两大类植物的相对贡献; 镜质体和丝质体大小、磨圆度及排列方式反映了沉积方式及水动力条件; 半丝质体与黄铁矿含量反映了介质的氧化还原条件及水平面高低。

## 参 考 文 献

- Berner R. A., 1984, Sedimentary pyrite formation; un update. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, p. 606—615.
- Bertrand P., 1989, Microfacies and petroleum properties of coal as revealed by a study of North Sea Jurassic coals. *Int. J. Coal Geol.*, 13, p. 575—595.
- Branchet M., 1983, Le bassin houiller de Blanzay; presentation generale. *Compte—rendu de la reunion de la RCP 642 du CNRS*, p. 1—28.
- Diessel C. F. K., 1986, On the correlation between coal facies and depositional environments. *Proc. 20th Symp. Dep. Geol.*, Univ. Newcastle, N. S. W., p. 19—22.
- Gastaldo R. A., Demko T. M. & Liu Y., 1989, Mecanisms to explain persistent alternation of clastic and peat—accumulating swamps in Carboniferous sequences. In an international conference on the geology and sedimentology of coal and coal bearing strata, coal composition and properties, Orleans, France, September 1989.
- Guion P. D., 1987, The influence of a palaeochannel on seam thickness in the Coal Measures of Derbyshire, England. *Int. J. Coal Geol.*, 7, p. 269—299.
- Hagemann H. W. & Hollerbach A., 1979, Relationship between the macropetrographic and organic geochemical composition of lignites. In Douglas A. G. and Maxwell (ed.), *Advances in Organic Geochemistry 1979*, Pergamon Press.
- I. C. C. P., 1975, *Lexique international de petrographie des charbons du Comite international de petrographie des charbons*. Edition 1975, CNRS, Paris.
- Merriam D. F. (ed), 1964, Symposium on cyclic sedimentation. *Bulletin of the Kansas Geological Survey*, 169, Vols 1 & 2.
- Russell N. J. & Barron P. F., 1984, Gelification of Victorian Tertiary soft brown coal wood. II. Changes in chemical structure associated with variation in the degree of gelification. *Int. J. Coal geol.*, 4, p. 119—142.
- Smith A. H. V., 1962, The palaeoecology of Carboniferous peats based on the micropores and petrography of bituminous coals. *Proc. Yoreshire Geol. Soc.*, 33, p. 423—474.
- Smyth M., 1984, Coal microlithotype related to sedimentary environments in the Cooper Basin, Australia. In: Rahmani R. A. & Flores R. M. (eds) *Sedimentology of coal and coal bearing Sequences*. Spec. Public. Int. Ass. Sedimentologists, 7, Blackwell Scientific Publication, Oxford, p. 333—347.
- Stopes M. C., 1919, On the four visible ingredients in banded bituminous coal. *Proc. R. Soc., London*, B, 90, P. 470—487.
- Teichmuller M., 1962, Die genese der Kohle. *Compte—rendu Quatrieme Congres International de Stratigraphie et de Geologie de Carbonifere*, Heerlen, 1958, 3, p. 699—722.
- Ting F. T. C., 1989, Facies in the Lower Kitanning coal bed, Appalachian Basin (USA). *Int. J. Coal Geol.*, 12, p. 425—

442.

Winkler E. , 1986, Organic Geochemical investigation of facies analysis of seam banding in the Helmstedt deposit. *Int. J. Coal Geol.* , 10, p. 617—624.

Wu X. Q. & Bertrand P. , 1990, Pouvoir reflecteur et rang de quelques charbons du bassin de Blanzey—Montceau. *Revue de Physiophile*, No. 112, p. 61—70.

## Coal Facies Study in Stephanien Basin of Blanzey—Montceau, France

Wu Xinqun

(Guangzhou Branch of Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)

P. Bertrand

(U. R. P. O. Universite d'Orleans, 45067 Orleans, France)

### Abstract

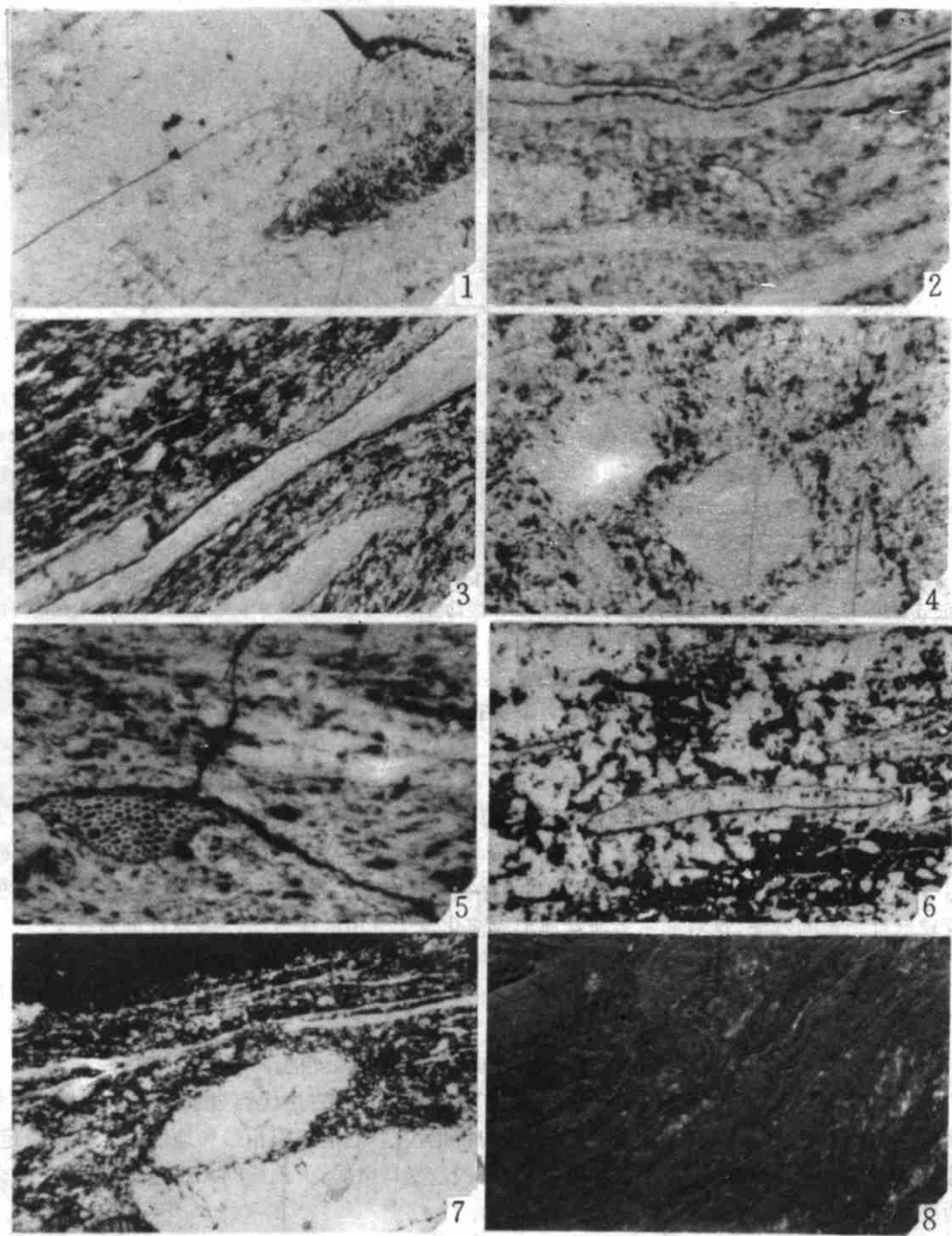
The Blanzey—Montceau coal basin is an intramontaine rift located in North—East of massif centre of France. This paper deals with the organo—facies in the first coal seam of basin, which is variable both in thickness and in quality.

Macroscopically, the seam is largely dominated by clarain. The vertical variations in lustre, brightness and texture on polished section allow to subdivide the sample into many intervals and thus to be classified as coal facies. Eight facies are thus identified.

Detailed analyses have been performed for these coal facies by organic petrology approach and pyrolysis Rock—Eval. Facies A is telocollinite—rich and mineral—poor, contain much inertinite (fusinite) and low to very low percentages of exinite, whereas facies B is vitrinite—rich (telocollinite and desocollinite) and mineral—poor, with median percentages of exinite and low to very low percentages of inertinite. Facies C is vitrinite—rich (phyllovitrinite and desmocollinite) and mineral—poor, with much exinite and low to very low percentage of inertinite. Facies D contain more telocollinite and vitrodetrinite and high percentage of mineral (quartz and clay). Facies E contain more desmocollinite than telocollinite, with median percentage of mineral (pyrite). Facies F contain high percentage of corpocollinite and mineral (clay). Facies G and H is mineral—rich, but different in occurrence.

Use of the macerals as botanical markers and the texture (particle size, form, psephicity, gradation intensity etc.) as environment markers allow one to attribute each coal facies to different depositional environment; on the other hand, consideration of spatial distribution of facies in coal seam allows one to reconstruct the processes of coal formation. This coal seam is major allocthnous, with arborecent input. Within the coal seam, it exists a cyclic deposit constructed by four major facies (facies A, G, B or C), similar to cyclothem present in coal—bearing formation. It is probably due to differential compaction in peat. Variation in coal facies is caused predominantly by water dynamic condition and water level and finally influences the physicochemical properties of maceral, such as vitrinite reflectance, exinite fluorescence and hydrogen index of facies.





1.煤相 A(60×,下同) 2.煤相 B 3.煤相 C 4.煤相 D 5.煤相 E 6.煤相 F 7.煤相 G 8.煤相 H