

湘中保和堂龙潭煤系的研究

钟建华

(中国科学院长沙大地构造研究所)

提要 从沉积学、煤岩学和地球化学三个角度详细地研究了湘中保和堂龙潭煤系。结果表明其煤岩特点和成因比较特殊。本文还详细地描述了三种沉积构造(派生波痕、束状交错层理及冲刷充填构造)及讨论了煤系形成时的古水流向特点。

关键词 三角洲 渗出沥青体 古流 成煤模式

作者简介 钟建华 男 35岁 博士生

概 述

保和堂位于湘中部东县境内,面积约 9.6km^2 ,主要出露有二叠系,它们分别是大隆组(硅质岩和泥岩)、龙潭组(煤系)、当冲组(硅质岩)及栖霞组(灰岩)。

龙潭煤系厚约220m,下部不含煤段主要为砂岩和泥岩,厚50—70m;上部含煤段主要为砂岩、泥岩和煤。煤共有四层,下部两层不可采。上部两层均可采,自上而下分别称之为I、II煤。II煤为主采煤层。

1 龙潭煤系的特征

1.1 岩性

砂岩占煤系总厚度的70—80%,泥、页岩占10—20%,煤占10%左右,油页岩占0.3%。砂岩以粉、细砂岩为主。大部分砂岩为灰绿至黄褐色,分选、磨圆均较差。小部分砂岩为灰白至黄白色,分选及磨圆均较好,成熟度亦较高。泥、页岩多为深灰至灰黑色,含碳屑,常见叶片及小壳动物化石。煤岩特征见后文。油页岩褐黑色,页理较发育,含油率低,层位及厚度均不稳定,厚0—10m。

1.2 沉积构造

露头及井下石门多见,类型丰富,分述如下:

1.2.1 层理

常见小至大型板、槽状交错层理,大型楔状交错层理,羽状交错层理,透镜状、脉状、波状、水平及变形层理。在茶园附近公路旁出露的一种特殊层理,其形态与张川波等(1983)报导的“巨型束状交错层理”相似^[1],但规模较小。层条呈束状,一端收敛,另一端发散,厚0—20cm。细层弯曲成弧形,厚0—1cm,其下部含有大量的重矿物(风化后呈红褐色,非常显眼),具明显的正粒序性。层系下部的细层常不连续(图1)。产于中、厚层

状中、粗粒砂岩中，常与平行层理一道产出，其上过渡为中、大型板状交错层理。其成因可能与高速水流脉动变化有关。

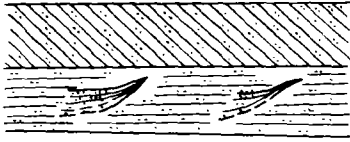


图1 束状交错层理示意图

Fig.1 Sketch of the bunch cross-bedding

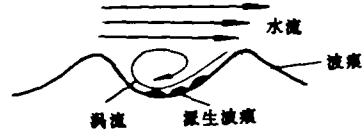


图2 派生波痕形成示意图

Fig.2 Sketch of a derived ripple's forming

1.2.2 波痕

常见，类型多样。在保和堂矿部东侧及其另两处的灰白色中层状细砂岩层面发育了一种双向波痕，两组波脊交角 $70^{\circ}-90^{\circ}$ 。一组较发育。由于两组波脊的共同影响，使得波谷成凹坑状（图版 I，1），其内发育有次一级波痕，波长 0.4—0.8cm，波高 0.08—0.15cm， $RSI=2.5-6$ 。波脊弯曲成弧形（图版 I，2），弯曲方向及迎流面均与较发育的那组波痕的弯曲方向及迎流面相反。形成这种波痕的物质为灰绿色泥质粉砂。笔者认为，这种波痕的成因比较特殊，是“派生波痕”。派生波痕可能是河口砂坝的产物。在河口砂坝，河水作用形成了一组较发育的波痕，而其它水流（沿岩流？）作用形成了另一组不大发育的波痕。两组波痕的波谷重合形成凹坑，凹坑使河水产生涡流，为形成派生波痕提供了水动力（图2）。再者，河水进入河口后流速骤减，使其中携带的细粒沉积物（泥、粉砂）迅速沉积下来，为形成派生波痕提供了物质基础。由于派生波痕规模很小，再加上产于薄膜状泥质粉砂中而不易保存，因而往往不易被发现，以后应当加以注意。派生波痕是否具有环境意义还有待探讨。

1.2.3 槽模

见于褐灰至灰黑色薄层状细砂岩底面，其下为灰黑色砂质泥岩或黑色碳质泥岩。长条状或舌状（图版 I，3），但有的呈不规则突起状或弯曲成膝状。长条状者长 10—15cm，宽 2—3cm，高 0.5—1cm。表面常被以碳质薄膜，有的甚至四周均被以碳质薄膜，因而时常可以剥离。

1.2.4 重荷模

比较常见，产于褐灰至深灰色薄层状细砂岩底面，其下为碳质泥岩或碳、泥质粉砂岩。泥岩中有时有小壳动物化石。形态特征与《沉积岩石学》（刘宝君，1982）上所描述的重荷模相同（图版 I，4）。

1.2.5 砂球、砂枕构造

产于碳质泥岩或碳、泥质粉砂岩中，其上多为细砂岩。形成砂球、砂枕的物质多为细砂。规模不等，大者直径可达 50—60cm，小者仅数厘米。砂枕的长度可达 1m 多。其内常有同心包卷状的变形层理和少量碳屑，有的其内有数个“核”（图版 I，5）。

1.2.6 冲刷充填构造

极为常见，其中砂石井 3312 巷 II 煤中的较为典型：

(1) 充填体规模一般不大，宽数十厘米至 5、6m，高十几厘米到 1m。横剖面上呈透镜

状。多为细砂岩; (2) 冲刷面凹凸不平, 附近的煤被扰动, 光泽变暗, 层理消失, 常夹有枣粒大小的黄褐色泥砂砾; (3) 充填体与上覆岩层 (顶板) 有时连续, 有时不连续。不连续时其间常夹有煤线或薄煤层, 其内的层理保存较好; (4) 规模较大的充填体模剖面上常有数条煤脉, 平面上则为煤膜。笔者认为煤脉的存在反映了充填体的形成过程, 每一煤脉反映了决口扇进入泥炭沼泽形成充填体的断暂间短。当决口扇进入泥炭沼泽 (可能有一定程度的覆水) 时, 周围的泥炭便被搅成浆状浸漫整个充填体 (决口扇体)。当下一次决口扇物质再度堆积到原先形成的充填体之上时, 泥炭浆便在二者之间形成一煤脉。因此, 煤脉反映了规模较大的充填体是由多次决口形成的扇体叠覆形成的。冲刷充填构造是与河流有关的环境下形成的煤层的一个重要特点。它对煤层的稳定性及煤质有着重要的影响。它的出现可能还预示其附近有分流河道。因此, 在砂石井 3312 巷附近 II 煤可能会在某些部位发生变化, 厚度变小, 甚至尖灭消失。

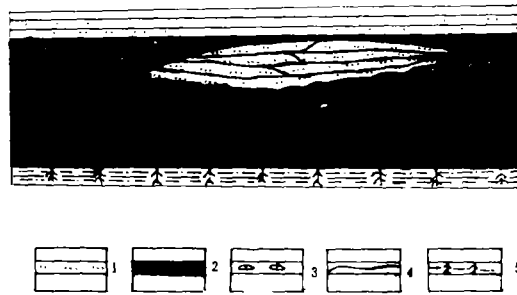


图3 砂石井 3312 巷某段右帮素描图

Fig.3 Sketch of coal seam from right side wall of 3312 face of shashi coal mine

1.细砂岩 2.煤 3.泥砂砾 4.煤脉 5.根土岩

1.2.7 化石

丰富常见。动、植及痕迹化石均有 (图版 I, 6)。值得一提的是, 在茶园附近出露的中、厚层中, 粗砂岩中有大量杂乱堆积的根、茎及叶化石, 其成因显然与洪水有关。

表 1 保和堂 I、II 煤的显微煤岩组成及热解参数

Table 1 Maceral composition and Rock-Eval analysis of seam I and seam II of Baohetan coal mine

参 数 煤 层	显微煤岩组成								热解参数				
	有机组 分 (%)	镜质组		半镜质 组 (%)	半丝质 组 (%)	丝质组 (%)	稳定组 (%)		T _{max} (°C)	S ¹ (mg/g)	S ² (mg/g)	S ³ (mg/g)	S ¹ +S ² (mg/g)
		结构 (%)	无结构 (%)				1 [≠] (%)	2 [≠] (%)					
I 煤	88-95	5-12	25-37	13-20	15-20	15-28	10-18	5-11	448	9.80	212.40	7.60	222.20
II 煤	86-94	7-20	24-32	15-22	10-27	10-24	12-21	7-10	449	13.40	198.40	13.20	2 1.80

* 1、腐泥基质; 2、主要为小孢子体, 渗出沥青体未计算在内

1.3 煤岩及热解

仅讨论 I、II 煤, 其有关参数见表 1⁽²⁾。煤岩特征主要是有丰富的渗出沥青体 (图版 I, 7)、腐泥基质 (图版 I, 8) 及过渡组分。热解特点表现在 S₂ (裂解烃) 产率很高, 表明保和堂煤具有较好的生油、气能力, 结合煤中存在的大量渗出沥青体, 有理由推测煤系砂岩中的液态烃是由煤所形成的 (钟建华等, 1990)。

1.4 地球化学

1.4.1 光谱分析

表 2 是 17 个煤样的部分光谱分析参数, 从绝大多数数据来看, I、II 煤形成于咸水或半咸水环境。限于篇幅就不一一进行讨论了。

表 2 保和堂 I、II 煤的部分光谱分析参数

Table 2 Data of spectrum analysis of seam I and seam II of Baohetan coal mine

样 品	参 数	B (ppm)	B / Ga	V / Zr	V / Ni	V / Zn	Sr / Ba
I-1		200	6.66	0.40	4.25	5.00	1.66
I-2		30	1.24	1.50	10.13	3.21	1.00
I-3		100	5.08	0.40	8.24	4.00	0.25
I-4		200	6.66	0.50	12.50	5.00	0.50
I-5		300	0.00	0.09	2.33	0.35	0.18
I-6		50	1.25	0.30	30.41	1.50	0.20
I-7		300	7.50	0.60	12.00	6.27	0.33
I-8		70	7.00	0.67	6.67	2.00	0.30
II-1		10	1.00	0.60	30.41	3.00	1.00
II-2		50	1.66	0.04	5.00	2.00	0.50
II-3		100	5.00	0.17	5.00	0.50	0.50
II-4		300	5.00	1.50	15.25	0.60	2.67
II-5		100	2.50	0.50	10.00	1.33	1.00
II-6		500	16.67	0.50	16.67	2.50	0.33
II-7		100	10.00	0.60	1.50	0.30	0.60
II-8		100	10.00	0.43	3.00	0.30	0.33
II-9		70	7.00	0.70	2.33	0.70	1.25

注: I—I 煤; II—II 煤

1.4.2 化学分析

表 3 为 I、II 煤的灰成分组成, 分述如下:

表 3 保和堂 I、II 煤煤灰的化学组成

Table 3 Chemical composition of ash of seam I and seam II of Baohetan coal mine

样 品 参 数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	$\frac{Fe_2O_3 + CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$
I—1	36.29	13.53	13.28	19.25	2.32	10.85	0.70
I—2	57.36	30.00	4.54	1.15	0.98	0.48	0.08
I—3	54.14	17.09	10.32	6.60	2.22	4.91	0.27
I—4	59.46	22.63	6.96	3.32	1.24	2.05	0.14
I—5	33.88	27.90	6.41	9.25	3.27	8.58	0.31
II—1	46.44	19.63	8.87	10.65	1.84	7.47	0.32
II—2	53.59	17.16	7.61	8.82	1.38	5.83	0.25
II—3	52.11	21.38	7.23	5.52	0.94	3.72	0.19
II—4	35.15	13.92	20.07	16.64	1.64	8.62	0.78
II—5	46.72	16.42	11.66	12.18	1.67	6.02	0.40

1. Fe₂O₃ 含量较高, 与山西某些咸水或半咸水成因的煤大体相近^[3]。此值较高可能与煤中自生的黄铁矿及菱铁矿有关。从表 3 还可看出, 该值与 SO₃ 之间有非常明显的正相关性, 表明有相当数量的 Fe₂O₃ 来自于黄铁矿 (镜下可见莓状和星点状黄铁矿)。

2. SO₃ 煤中的硫主要来自于泥炭化过程中形成的硫化物 (黄铁矿、白铁矿等) 及硫酸盐矿物。因此, 此参数具有较好的环境意义。本区煤的 SO₃ 产率一般较高, 反映了其成因与咸水、半咸水有关。

3. (Fe₂O₃+CaO+MgO) / (SiO₂+Al₂O₃) 与山西晚古生代咸水环境下形成的煤相比, 此值明显偏大。由此看, I、II 煤基本上形成于咸水环境。此值与 SO₃ 之间同样有明显的正相关性, 进而表明该值同样具有较好的环境意义。

综上所述, 保和堂 I、II 煤基本上形成于咸水、半咸水环境。

1.5 古流向

本文仅从大型板状交错层理 (层系厚 40—70cm; 细层厚度多在近 1cm 左右)、流水波痕及化石排列三个方面讨论。图 4 是保和堂龙潭砂岩的古流向图。

从上图 4 可以看出, 本区龙潭煤系形成时的古流有下列两个特点: (1) 总体古流向主要有两个方向: 自东向西和自北东向南西; (2) I 煤形成之前以自东向西方向占优势, I 煤形成之后则转变为自北东向南西方向占优势。这可能与龙山隆起的进一步抬升有关。

除古流向资料外, 岩性、砂体展布特点及煤质特征也能间接地反映上述古流格局的存在。

2 环境分析与聚煤规律

晚二迭世的东吴运动波及此区，使本区海退，结束了当冲组的硅质沉积。由东部（双峰——关帝庙古陆？）搬运来的细碎屑物质堆积在滨浅海中，形成了龙潭煤系最下部的前三角洲泥质沉积（厚7—10cm）。由于当时海水中富含硅、铁质，因而其底部常有一层硅铁质结核（厚数十厘米）。随海退继续，三角洲前缘相开始发育，远砂坝相（粉砂为主，厚数十米。）代替了前三角洲相。尔后又被河口砂坝及分流河道相取代。在保和堂北部，该二相形成的砂体厚十几米；西部中段，该砂体则分叉成5—6层，总厚不到10cm，再至东南部，该砂体继续分叉成十几、二十层，总厚二十几米，其间相夹远砂坝相。此后发生了较长时间的海侵，远砂坝相再度取而代之，形成了50至70余米以粉砂为主的沉积。

第二次海退，形成了厚数十米的砂岩，为龙潭煤系提供了“骨架”，这是一次非常重要的海退，经历的时间也比较长。这次海退形成的砂岩中富含植物化石，并夹碳质条带，在砂体之上还形成了一煤线（IV煤）。再一次的海侵使成煤作用结束。

第三次海退，在岸后及间湾发育了泥炭沼泽，形成了III煤。由于成煤条件不好，故III煤不稳定，厚度较小，且结构复杂，仅局部可采。尔后又发生了三次规模较小的海侵海退，形成了I、II煤及顶部的油页岩。I、II煤的成煤条件较好，尤其是II煤，因而煤层结构简单或较简单，煤质亦较好，且稳定，全区普遍可采。

如前叙，I、II煤含有丰富的腐泥基质及大量的过渡组分。这在成因上似乎不好解释：一般说来，腐泥基质往往是沼泽覆水的标志，而覆水沼泽的氧化性通常相对较弱，按理其镜质组应相对较多，而过渡组分（及惰性组分）应相对较少。对云南某现代泥炭沼泽的研究表明，泥炭出露地表遭受氧化后，腐植体的反射率会明显增高，会由0.2%（R⁰）以下增至0.8—1.5%（R⁰），与丝质体反射率相近。当这些氧化腐植体被水搬运进入正常的泥炭沼泽后，经煤化作用便可转化成过渡组分或惰性组分。既然洪水能溢过无然堤，把碎屑物质冲入间湾覆水泥炭沼泽形成冲刷充填体，也同样会把岸后沼泽中的泥炭（部分因沼泽干涸而遭受氧化）带入进来。此外，无论是在砂石井3312巷，还是在大水坪井2212巷，均能见到I、II煤之间有典型的潮坪沉积（灰白色中厚层砂岩，具大型楔状交错层理，厚近10m）。潮汐亦可能将岸后沼泽的氧化泥炭带入间湾覆水沼泽，尤其是特大潮。因此，笔者认为，保和堂煤中的过渡组分大部分是从岸后沼泽的氧化带被流水带入覆水沼泽的，它们是一种“异地”组

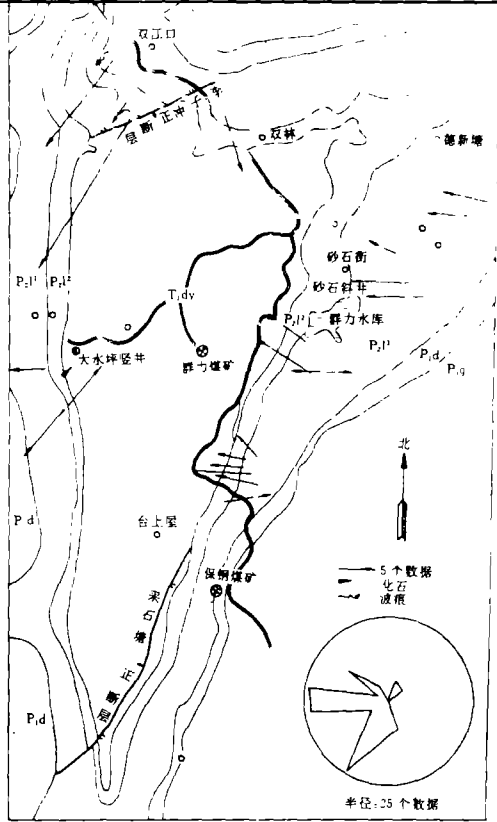


图4 保和堂龙潭砂岩古流向图
 Fig.4 Sketch of the paleocurrent of the Longtan coal series of Baohetan coal mine

分。图 5 是 II 煤的成煤模式。

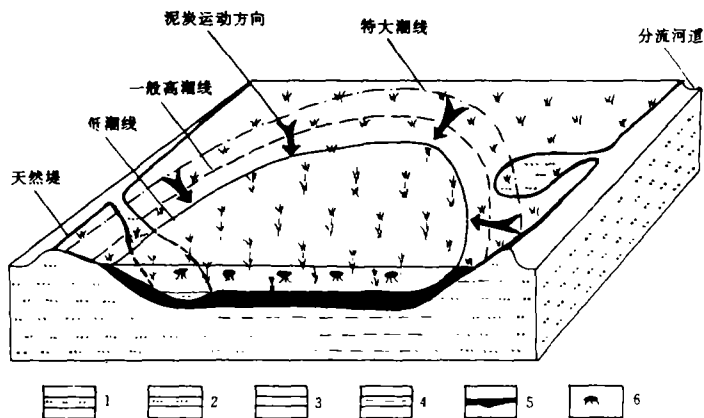


图 5 保和堂煤成煤模式

Fig.5 The coal-forming mode of the Longtan coal series of Baohetan coal mine

1.粗砂岩 2.细砂岩 3.粉砂岩 4.砂质泥岩 5.煤层 6.浮游生物

结 论

(1) 保和堂龙潭煤系形成于三角洲环境。I、II 煤大部形成于间湾覆水沼泽。

(2) 保和堂煤具有较独特的煤岩性质，主要在于镜质组相对较少，而腐泥基质，过渡组分和渗出沥青体较多。煤系中的液态烃可能来自煤层。

(3) 保和堂煤具有较高的热解烃产率，表明其具有较好的生油、气能力。

(4) 保和堂煤中的过渡组分可能大部分来自岸后沼泽中的氧化带，潮汐和洪水是搬运劳力。

(5) 沉积物主要来自东部（双峰——关帝庙古陆）和北部（龙山隆起），而非西部的雪峰古陆。

(6) 砂石井 3312 巷附近的 II 煤有可能在某处变薄尖灭。

由于作者水平有限，文中不足定有不少，敬请指正。

感谢群力煤矿的张万太高级工程师及杨群芝同志的大力支持协助。

收稿日期: 1991 年 2 月 7 日

参 考 文 献

- (1) 张川波等, 1983, 辽宁北票附近中侏罗世晚期的沙漠沉积, 沉积学报, 第1卷, 第4期, 48—60页。
- (2) 钟建华等, 1990, 湘中保和堂煤的特征, 科学通报, 第35卷, 第20期, 1569—1571页。
- (3) 煤炭科学研究院地质勘探分院、山西省煤田地质勘探公司, 1987, 太原西山含煤地层沉积环境, 北京: 煤炭工业出

版社, 482页。

Investigation on Longtan Coal Series of Baohetang, Middle Hunan

Zhong Jianhua

(Changsha Tectonic Institute, Chinese Academy of Sciences, 410013)

Abstract

Longtan coal series of Baohetang, Middle Hunan, has been investigated in detail by means of sedimentology, coal petrology and geochemistry.

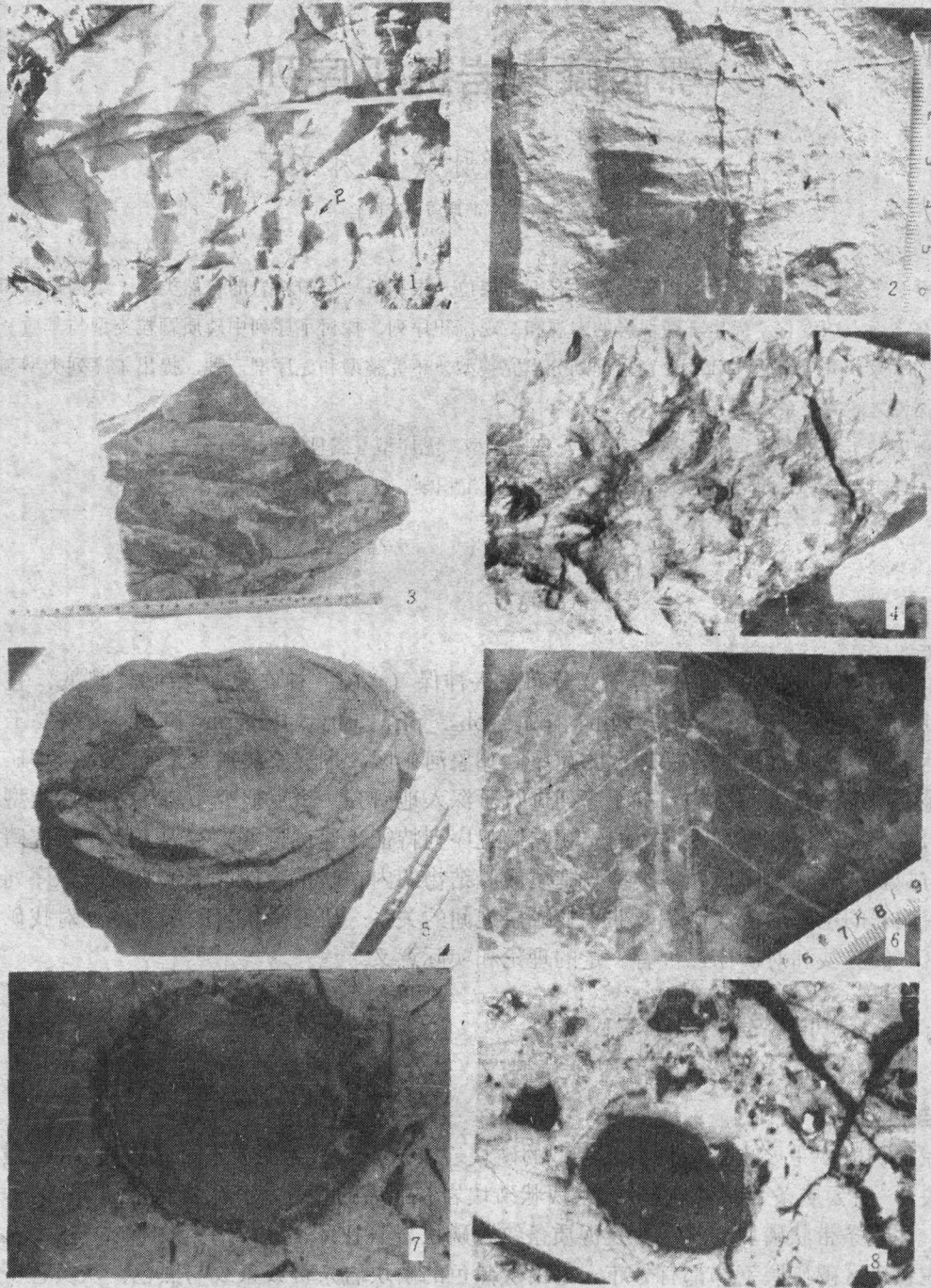
It is suggested that Baohetang coal was formed in delta environment. Most of coal seam I and II was formed in water-covered swamp that developed from distributary bay. The swamp was often influenced by river and tide.

Boron contents of 17 coal samples range from 10 to 500ppm, concentrated in 50–500ppm (15 samples) with an average of 152ppm. Comparison Baohetang coal with those deposited in fresh-water environment shows that the former is more boron-riched and which indicates brakish to semi-brakish water environment, moreover, their ratios B/Ga, V/Zr, V/Ni, V/Zn and Sr/Ba are also different obviously.

Fe₂O₃ contents of the 17 coal samples fall in the range of 4.54–20.07% with an average of 9.7%, and SO₃ contents from 0.48–10.85% (average 5.85%), ratio of (Fe₂O₃+CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃) from 0.08–0.78 with the mean of 0.34.

Baohetang coal has striking features, mainly in coal petrology and Rock-Eval. The coal is characterised by low vitrinite content (from 30% to 52%), high sapropel groundmass and transitional macerals content 10%–21% and 25–49%, respectively). Sapropel groundmass and some hydrogen-rich vitrinites exhausted a great deal of exudatinites, as a result, this makes the coal series contain a little oil. The coal has a higher production of S₂, ranging from 198.40–212.40 (mg/g), suggests its oil forming potential.

The abundant transitional macerals must have been carried into the water-covered swamp from the oxidized zone of bank-back swamp by flood or tide. The paleocurrent analysis reveals that the sediments came mainly from the east (Shuangfeng-Guandimiao ancient land?) and the north (Longshan uplift), but not from Xuefeng ancient land. Otherwise, three kinds of sedimental structures (bunch cross-bedding, derived ripple and washing-filling structure) have been described in detail. A coal-forming model of Baohetang coal has been established.



1. 波痕双向 2. 图版1 波谷中的派生波痕(箭头所指) 3. 槽模 4. 重荷模, 标本长30cm 5. 砂球, 内部有变形层理和“核” 6. 叶化石 7. 渗出沥青体, 基质镜质体, 油浸, $\times 120$ 8. 腐泥基质, 油浸, $\times 120$