

湖南测水组沉积环境及其 对煤层的控制作用

刘钦甫 张鹏飞

(中国矿业学院北京研究生部)

提要 本文通过对测水组岩石学、生物学、地球化学等方面的综合研究,认为测水组形成于障壁沙坝-潮坪-泻湖沉积体系中,并详细论述了各沉积环境的沉积特征。同时提出了测水组煤层形成的三种环境,并且对不同环境中形成的煤层特征进行了论述。

关键词 半咸水泻湖 淡化泻湖 潮间坪 潮道 海退型障壁沙坝 海进型障壁沙坝

第一作者简介 刘钦甫 男 26岁 硕士 沉积学

测水组是湖南省下石炭统重要的含煤地层,主要分布于湘中、湘南和湘东,其中湘中的涟源、邵阳地区发育最好,煤系厚度大,煤层发育,成为重要的煤炭基地。其余地区煤系厚度小,煤层不发育,仅局部可采。通过对测水组的岩石学特征、地化特征、生物及遗迹化石等方面的综合研究,认为它形成于障壁沙坝-潮坪-泻湖沉积体系,煤层的发育受古地理环境控制。

一、测水组沉积特征

1.地层特征

测水组为近海型陆源碎屑含煤岩系,可分为上、下两段。下段为含煤段,主要由黑色泥岩、粉砂岩及少量细粒石英砂岩组成,含煤1-7层,自上而下依次编为一煤、二煤、...、七煤。其中三煤和五煤为主要可采煤层,一般厚1-2.5m,二煤和四煤仅局部可采,其余为不可采煤层;上段为不含煤段,主要由细粒石英砂岩、砂质泥岩、灰岩组成,仅下部含有薄煤线,称为反龙炭。上段与下段之间以一厚层的含砾石英砂岩及砾岩分开,称为分段砂砾岩,为一区域对比标志层。

2.岩石特征

测水组岩石类型主要为砾岩、砂岩、泥岩、灰岩及煤层,其中砾岩占0-5%,砂岩占5.4-72%,泥岩占2.2-57%,灰岩占0-33%,煤层占1-6%。

砾岩主要分布于分段砂岩中,其它层位极少见到。砾石含量及最大砾径自东北向西南方向逐渐减少,表明陆源质主要来自东北方向。

砂岩主要为细粒石英砂岩,少量中粒及粗粒砂岩。成份成熟度极高,几乎均由稳定的单晶石英晶体组成,长石及岩屑罕见。重矿物主要为锆石、电气石及金红石。表明当时物源区

化学风化作用强烈。砂岩磨圆一般属次棱角状—棱角状, 个别滚圆状。分选中等到较好。胶结物主要为硅质及自生粘土矿物。

泥岩中粘土矿物成份主要为高岭石及伊利石, 还有少量的绿泥石、叶腊石、蒙脱石—伊利石混层矿物, 其中高岭石含量 13—95%, 伊利石含量 20—58%, 绿泥石 7—27%, 在垂向上高岭石与伊利石含量变化彼此呈相互消长关系, 自下而上, 高岭石含量呈现由低—高—低的变化, 而伊利石变化则相反; 绿泥石仅在下部及上部出现。

灰岩主要分布于测水组顶部, 一般发育 2—4 层。平面上主要分布于湘中的芦毛江、冷水江、朝阳、邵阳及湘南一带, 厚度可达 20—30m, 向南灰岩厚度递增, 这与海水来西南方向有关。岩性主要为泥晶灰岩, 生物碎屑泥晶灰岩及少量砂屑亮晶灰岩。含大量正常海相动物化石, 主要有腕足类、有孔虫、藓苔、珊瑚、棘屑、腹足类等。

3. 地球化学特征

13 个测水组泥岩样品的分析结果如下: B 48—170ppm, B/Ga 5—17, Sr 40—180ppm, Sr/Ba 0.2—0.8,

$$\frac{Ca_3 (PO_4)_2}{FePO_4 + Ca_3 (PO_4)_2} = 0.4—0.8 \quad \text{古盐度} = 12—27\%$$

上述参数值表明测水组主要形成于半咸水环境, 局部出现淡化环境。垂向上, 地球化学参数均在测水组底部出现高值, 向上逐渐减小, 这是受海水后退影响所致。至主要含煤段(三煤—五煤之间), 各参数均属低值, 变化幅度不大, 说明主要成煤期海退达最大程度, 故环境较为稳定。自二煤以上, 各参数值又逐渐增加, 且变化幅度也较大, 反映自二煤以后, 周期性地受到海水影响。地球化学参数在垂向上变化趋势与沉积环境演化相一致。

4. 生物组合及遗迹化石

测水组植物及动物化石丰富。至目前为止, 已发现的可以定名的植物化石有 22 属 44 种。上段与下段生物面貌迥然不同。下段以石松(鳞木类)为主的植物群落, 在海退阶段, 植物群落逐渐繁盛, 但随着海侵的到来, 该群落逐渐衰落; 上段为以真蕨、种子蕨为主的植物群落。植物群在海侵阶段相对兴盛。从动物演化来看, 在含煤岩系形成初期, 瓣鳃类、腹足类、苔藓虫、介形虫、腕足类等均有存在, 但在七煤之上则骤然不见。在二煤以后, 随着海侵, 先出现少量瓣鳃类、苔藓虫等近岸类型化石, 向上变为海相类型, 以珊瑚、腕足类的大量出现为特征。在上、下两套动物群之间的转折期, 发育了成煤植物群。

测水组遗迹化石亦很丰富。初步可确定出七个遗迹化石属: *Skolithos*, *Palaeophycus*, *Chondrites*, *Didymaulichnus*, *Fucusopsis*, *Lockeia*, *Planolites*。此外还常见生物扰动形成的斑点状构造。它们隶属于 *Skolithos*—*Cruziana* 遗迹相组合, 其分布特征表明生物当时生活的环境为一种咸水动荡—宁静的环境。

二、沉积环境

通过生物学、地球化学等的综合研究, 笔者认为湖南测水组主要形成于障壁沙坝—潮坪—泻湖体系, 此外还发育有少量滨海和浅海沉积, 不同环境的沉积特征如下:

1. 滨海泻湖

滨海泻湖受气候影响较大, 可发生不同程度的淡化及咸化作用, 因此测水组泻湖可分为半咸水泻湖及淡化泻湖。

半咸水泻湖 约占泻湖沉积的95%以上。岩性主要为黑色—灰黑色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩夹极细粒石英砂岩。泥岩中粘土矿物以伊利石为主, 次为高岭石及绿泥石, 含大量的菱铁矿结核。生物化石个体小, 种属单调, 主要为瓣鳃类、小个体腕足类、腹足类、介形虫等。遗迹化石主要是“*Planolites*”及强烈生物扰动形成的斑点状构造。硼含量在90—140ppm之间, 沉积磷酸盐分析得出的古盐度为12—27%。

淡化泻湖 仅局部出现。其岩性有时与半咸水泻湖泥岩无多大差别, 只是中间夹2—3层薄煤线。泥岩中含较多的植物化石碎片, 具水平层理, 风化成鳞片状。动物化石稀少, 仅在局部地区发现少量淡水瓣鳃类化石。偶见动物活动痕迹。与半咸水泻湖沉积的差别主要表现在粘土矿物组合及地化参数上。淡化泻湖泥岩中粘土矿物主要由高岭石组成, 含量高达90%。B含量极低, 仅48ppm。除B之外, 其它参数, 如Sr、Sr/Ba、B/Ga等均具低值。古盐度为4%。有时在淡化泻湖沉积中, 可见保存良好的原生水平纹理, 由毫米级的灰白色粉砂纹层与灰黑色泥质纹层交替而成。这种规则的韵律性纹理的形成, 可能与季节性的气候变化有关。另一方面, 原生纹理得以良好保存, 说明盆地底部底栖生物稀少或没有, 这往往与盆地底部存在不正常的气体状有关, 例如被硫化氢污染, 形成还原环境, 氧含量稀少。而半咸水泻湖沉积物, 常常被生物强烈扰动, 原生纹理难以保存, 说明盆地底部存在大量的底栖生物。

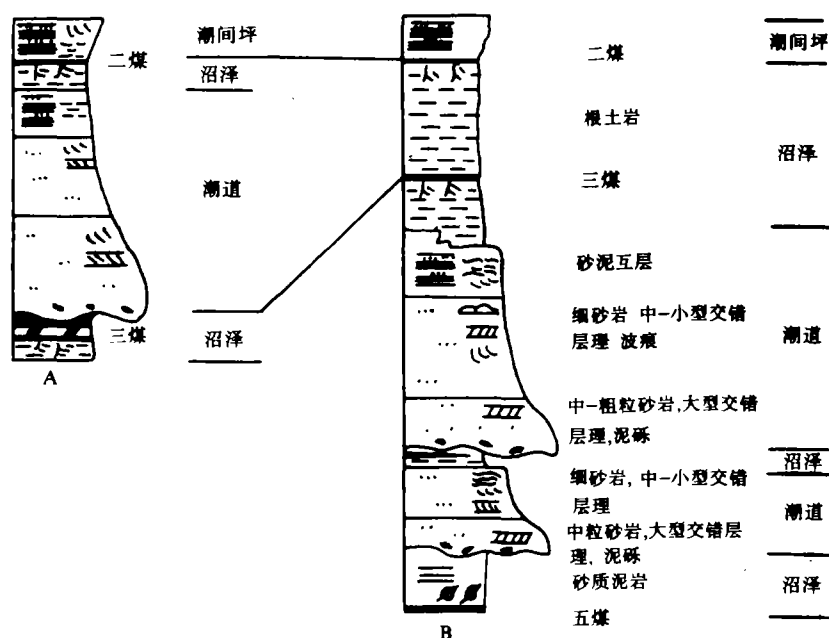


图1 潮道沉积垂向序列

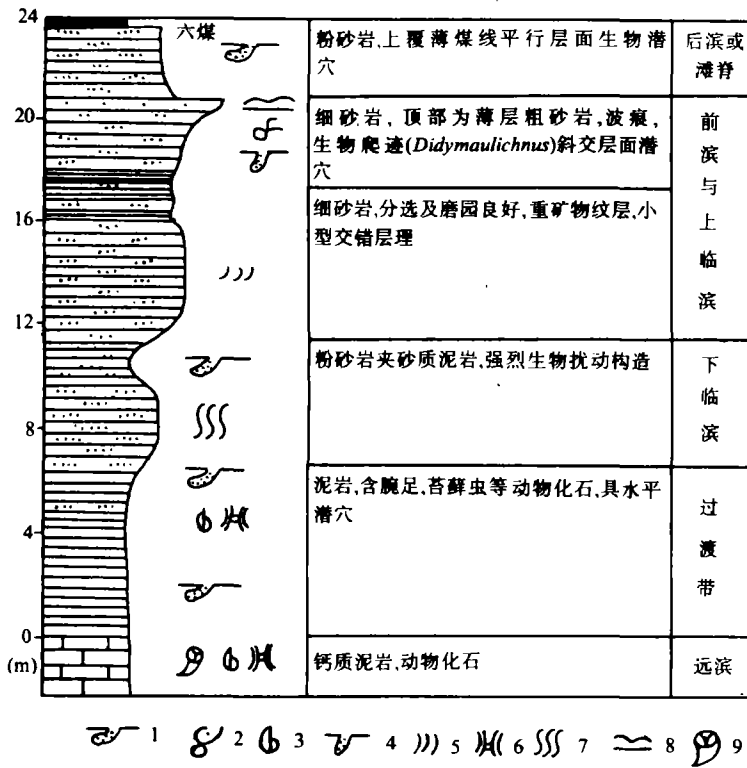
Fig.1 The vertical sequence of tidal channel sediments

2. 潮坪

本区潮坪主要为潮间坪沉积物，可划分出砂坪、混合坪及泥坪。砂坪沉积宏观上表现为厚层状—中厚层状的砂岩，有时这种表面上厚层状的砂岩实际上由许多薄层状的砂岩组成，层面发育有波痕。泥坪主要为粉砂质薄纹层（几毫米厚）与泥质纹层（1至几毫米）相互交替，可见生物扰动构造（图版 I，4）。混合坪主要由薄层状的砂岩与泥岩互层组成（图版 I，2），砂岩纹层厚几毫米至几厘米，愈向低潮线方向，砂岩层愈厚。砂岩层中显示平行纹层或前积纹层。

潮间带砂岩主要为细粒—极细粒砂岩，在潮道及潮沟中粒度变粗，为中—粗粒砂岩。砂岩层面波痕发育，可见不对称流水波痕、对称波痕、干涉波痕、削顶波痕、双脊波痕，有时还见干裂现象。

潮间坪生物活动痕迹丰富，主要遗迹化石有 *Skolithos*、*Didymaulichnus*、*Lockeia*、*Fucusopsis*。*Skolithos* 垂直穿过薄的砂、泥互层（图版 I，2）。



1. 平行层面生物潜穴 2. 生物爬行遗迹 3. 腕足类 4. 斜交层面生物潜穴 5. 小型交错层理
6. 苔藓虫 7. 生物扰动构造 8. 波痕 9. 珊瑚

图2 仙洞剖面测水组底部海退障壁沙坝垂向层序

Fig.2 The vertical sequence of the regressive barrier bar in the bottom of Ceshui Formation in Xiandong, Hupan

潮间带发育有许多潮道及潮沟。由于潮道侧向迁移作用，它们对潮间坪沉积物进行改

造，导致局部煤层的缺失。在垂向上潮道沉积主要分布于三煤与五煤之间（图版 I，1）。潮道垂向序列如图 1。

潮道沉积在剖面上呈透镜状，横向上迅速变为潮间坪砂泥沉积及沼泽沉积（图 1）。

3.障壁沙坝

障壁沙坝由于经受强烈的波浪筛选作用，其结构成熟度较高。测水组障壁沙坝可见海退型和海进型两种。

海退型障壁沙坝 是在初期海退阶段形成的，主要位于测水组底部，六、七煤以下。具有明显的逆粒序结构，可以划分出远滨、过渡带、下临滨、上临滨与前滨、后滨或滩脊五个沉积单元（图 2）。

从图 2 可以看出，海退型障壁沙坝剖面具有以下特征：（1）从泥岩到细粒石英砂岩总体向上变粗的沉积层序。（2）剖面中粉砂岩和粘土岩含量自下而上减少。（3）剖面下部以生物扰动构造为主，向上物理沉积构造逐渐增多。（4）生物化石的种属、数量向上减少，个体变小。

海进型障壁沙坝 形成于测水组晚期海进过程中，主要出现于分段砂砾岩中及上部砂岩层中。海进型障壁沙坝具有侵蚀性，不易形成厚的垂向层序，因而在古代地层中不易识别。T.F.莫斯洛（1988）认为海进障壁沙坝是由 2-3m 的溢流前滨砂组成的线状体，与其共生的向上变细的进潮口层序的存在是鉴定古海进障壁沙坝的线索。

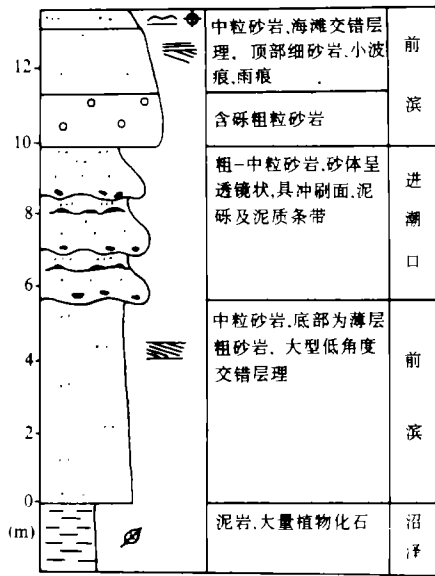


图 3 沙坪地区测水组分段砂砾岩中海进型障壁沙坝垂向序列

Fig.3 The vertical sequence of the transgressive barrier bar in Ceshui Formation in Shaping, Hunan

海进障壁沙坝下伏有泻湖、潮坪及沼泽沉积物，上覆有海相沉积。沙坝本身主要由前滨沉积物组成（图 3），中间夹进潮口形成的向上变细的透镜状砂体。前滨沉积发育有低角度海滩交错层理（图版 I，3）、小波痕（图版 I，7）、雨痕（图版 I，7），反映出沉积物曾一度暴露出水面。

海进障壁沙坝不仅在垂向上，而且在横向上均与进潮口紧密共生，在不同地区发现的分段砂砾岩垂向序列证实了这一点。在沙坪—青联—天保脑山一线分段砂砾岩呈现海进障壁沙坝的序列，而在与此线垂直的隔山—金竹山一线则呈现向上变细的进潮口沉积层序。金竹山进潮口沉积厚约 10m，底部含大量砾石及泥砾，向上变为中粒—细粒的石英砂岩。进潮口沉积底部发育有大型—中型的交错层理（图版 I，6），各种小型交错层理、双粘土层构造（图版 I，8）。

4.滨浅海

发育于测水组顶部，主要由细粒石英砂岩、粉砂岩、泥岩及灰岩组成。发育有波纹层理、小型交错层理及楔型交错层理。可见 *Chondrites* 遗迹化石。含正常的海相动物化石，

主要有海百合茎、腕足类、珊瑚、苔藓虫、腹足类等。

三、沉积环境对煤层的控制作用

测水组合煤 1—7 层, 其中主要可采煤层 2 层。煤层厚度及煤质均与沉积环境密切相关, 不同环境中形成的煤层特征各异。测水组煤层形成环境主要有三种 (图 4):

1. 障壁沙坝向陆一侧斜坡带的煤层

厚度一般几十厘米, 不具工业价值, 横向上不连续, 常过渡为炭质泥岩。硫分含量较高, 一般 3.5—5%。在野外常常看到此种类型的煤层直接覆盖于障壁沙坝砂岩之上, 其顶板为含半咸水动物化石、或被生物强烈扰动的泻湖泥岩, 底部的六、七煤层及上段的反龙炭多为此种类型。

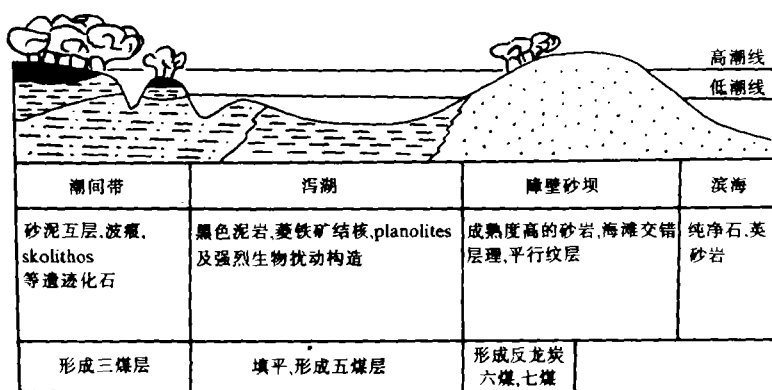


图 4 测水组煤层形成模式

Fig.4 The model of formation of the coal in Ceshui Formation

2. 由泻湖淤浅发生泥炭堆积而形成的煤层

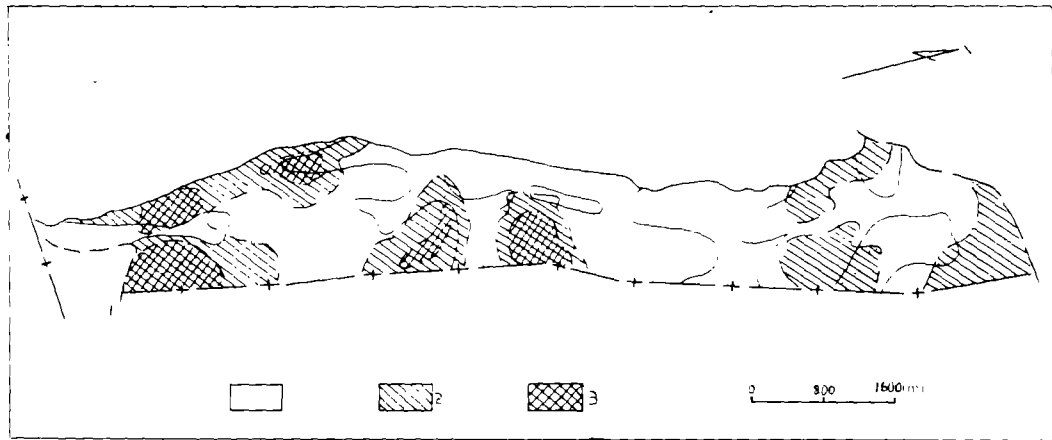
五煤层主要属此种类型, 其沉积基底是由许多泻湖盆地沉积物组成。随着沉积物的不断供应, 泻湖被逐渐淤浅、填平, 并在各个泻湖盆地中形成泥炭堆积。由于泥炭堆积速度与地壳下降速度一致, 导致泥炭连续向上增长, 在局部形成很厚的泥炭岛, 而在其周围则很快变为其它碎屑沉积物, 因而此种成因的煤层局部厚度大, 变化幅度大, 并且有时在短距离内即尖灭、分叉。在泥炭堆积后期, 由于泥炭堆积速度超过地壳下降速度, 从而导致泥炭向外扩展, 并逐渐连成一片, 形成广布的泥炭层, 因而所形成煤层层位稳定。

煤层厚 0 至十几米, 一般 0.5—3m。硫含量为 1.3—9.7%, 变化幅度较大, 这与泻湖盆地的流通性及封闭程度有关。底板是全区稳定的砂质泥岩, 含大量大小不一的菱铁矿结核, 普遍发育强烈的生物扰动构造。

3. 潮间带煤层

发育于泻湖朝陆一侧广阔平缓的潮间带上部, 类似于现代的红树林沼泽。现代海南岛红树林沼泽发育于平均潮位与平均高潮位或特高潮位之间 (陈崇, 1985)。

此种类型煤层与潮间坪及潮道沉积物紧密共生。由于潮间地带地势平缓，泥炭在大面积内广泛稳定堆积，因而煤层厚度变化不大，一般1.5—2.5m。但由于经常受到携带碎屑物质的潮汐水流的影响，因而煤层结构复杂，煤层夹研在2层以上，最多可达6层，夹研可厚达1m。煤层中硫分含量1—5.3%，一般1—3%。由于受潮道影响，局部煤层受到冲刷，乃至缺失。煤层厚度与潮道砂体厚度呈负相关关系，由图4可以看出，在潮道砂岩厚的地方煤层薄，在砂岩薄的地方煤层厚，富煤带均发育于树枝状分叉的潮道砂岩的旁侧。



1 潮道砂体 2 > 8m 的富煤区 3. > 15m 的富煤区

图5 煤层厚度与潮道砂体厚度关系

Fig.5 The relation between the thickness of the coal beds and the channel sandstones

野外工作中得到了湖南煤炭勘探局二队的冯学苏总工程师、杨立祥工程师、黎光明同志及煤炭科学院西安地质勘探分院黄海智同志的大力支持与帮助，在此深表谢意。

收稿日期：1989年6月20日

参 考 文 献

- (1) 湖南省煤田地质勘探公司第二勘探队，中国矿业学院北京研究生部，1987，湖南省石炭纪沉积与含煤岩系特征，中国石炭二叠纪含煤地层及地质学术会议论文集，科学出版社。
- (2) 陈崇，1985，海南岛的红树林沼泽，煤田地质与勘探，6期
- (3) T.F.莫斯洛，1988，陆架砂岩和海滨砂岩的沉积模式，美国石油地质学家协会进修丛书(27)，马汝耕译，石油工业出版社。

The Sedimentary Environment of Ceshui Formation and Its Control on Coal Beds, Hunan Province

Liu Qinfu Zhang Penfei

(Beijing Graduate School of China University of Mining and Technology)

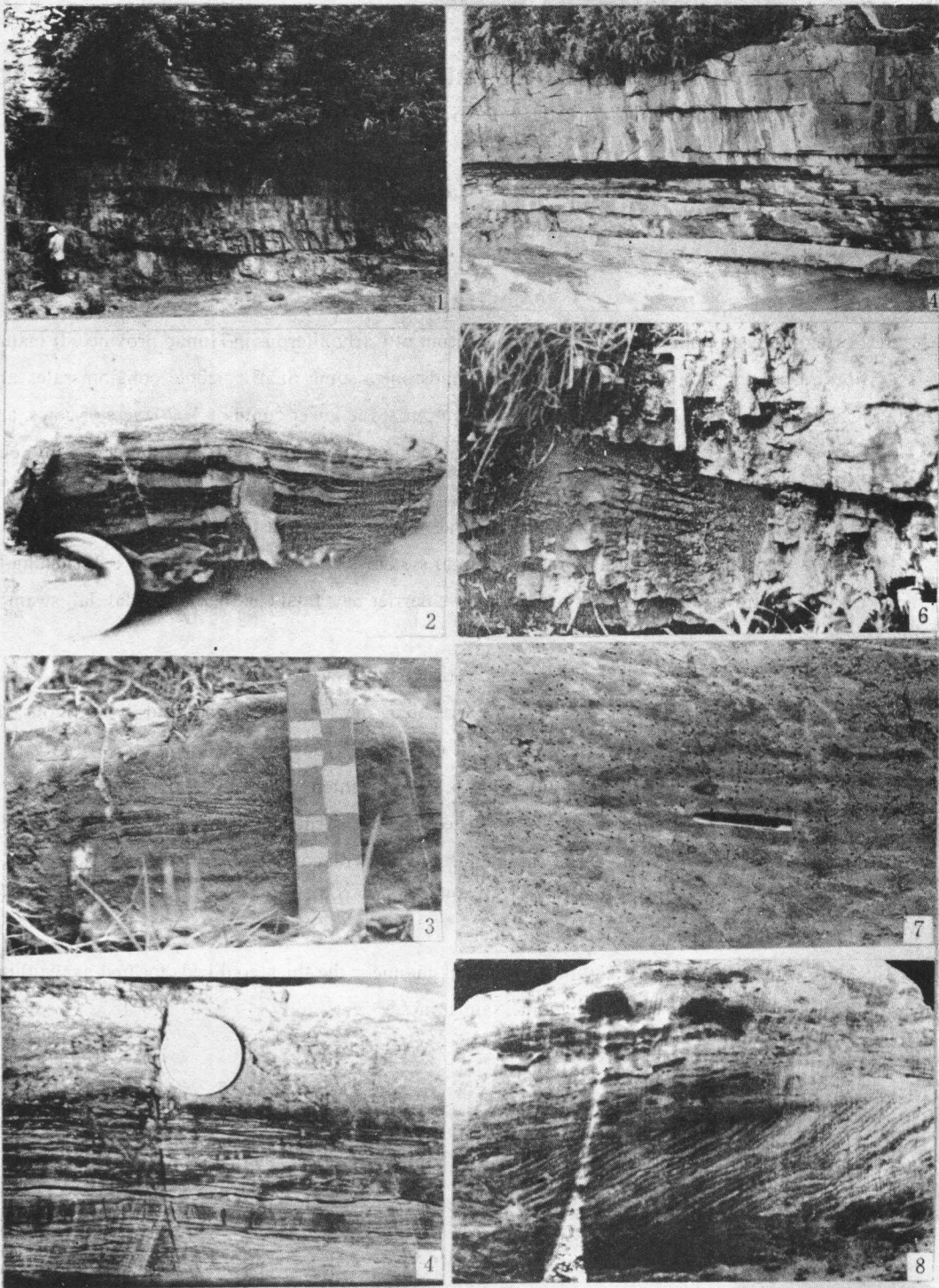
Abstract

Ceshui Formation is an important coal-bearing stratum of Carboniferous in Hunan province. It mainly consists of fine quartz sandstones, quartz siltstones, mudstones, some quartz pebble conglomerates and carbonate rocks with coal beds. It can be divided into two parts, the lower contains 1-7 layers of coals, and the no coal beds in the upper. The coals No.3 and No.5 are the main mining beds and the others are local minable or unminable ones.

The synthetical study of petrology, palaeontology, trace fossils, geochemistry show that this formation is deposited in the barrier bar-tidal flat-lagoon depositional systems. The subenvironments are freshening lagoon, brackish lagoon, transgressive barrier bar, regressive barrier bar, tidal channel, intertidal flat, swamps, littoral and shelf.

The sedimentary environments are related closely to the coal beds. Three types of swamps exist in Ceshui Formation; The first is located in the slope of back barrier bar, the seams are thinner and discontinuous, the content of sulfur ranges from 3.5% to 5%; The second is formed by lagoon fill, the coals vary greatly in thickness, from zero to more than 10 m, generally 0.5m to 3m, the content of sulfur is 1.3% to 9.7%, this type of coal beds split or want out in short distance, and their bottom is silty mudstone with large amount of siderite nodules; The last type of swamp exists in the intertidal flat with complicated structure, its variation in thickness is slight, from 1.5m to 2.5m, the content of sulfur ranges from 1% to 5.3%, generally 1% to 3%. The local coal beds often washed away by tidal channels.

The thickness of coal has a close relation to the tidal channels, the thick coal beds located at the thinner channel sandstones or close to the dendritic channel sandstones.



1.潮道砂岩, 三煤与五煤之间, 沙坪煤矿 2.潮间坪的砂泥互层层理, 遗迹化石 *Skolithos* 垂直穿过纹层, 金竹山煤矿
 3.海滩交错层理, 分段砂砾岩, 沙坪煤矿 4.下部为砂泥互层纹层, 上部为生物扰动构造, 潮间泥坪, 金竹山煤矿
 5.障壁砂坝砂岩, 层面平直, 沙坪煤矿 6.大型板状交错层理, 进潮口底部, 沙坪煤矿 7.小波痕之上迭加雨痕, 分段砂砾岩, 沙坪煤矿 8.双粘土层构造, 前积层由砂泥纹层交互组成, 上、下黑色斑点状物质为泥砾。金竹山煤矿