

华北石炭纪含煤建造的陆表海堡岛 体系特点及其事件沉积

刘焕杰 贾玉如 龙耀珍 王宏伟

(中国矿业学院)

内容提要 华北石炭纪含煤建造沉积属于陆表海性质,其岩相古地理特点为陆表海多堡岛浑水与清水混合沉积体系。主要成煤古地理条件是位于潮坪上不同类型的泥炭坪环境,因而煤层分布面积广,层位稳定。聚煤期盆地性的重大事件是风暴沉积和火山事件沉积。风暴岩的主要类型是:回流型远源碳酸盐风暴岩和近源碳酸盐风暴岩,搅动型碳酸盐风暴岩;近源型砂岩风暴岩,漫流型砂岩风暴岩和砾屑泥岩风暴岩。风暴沉积影响着煤层的形成与赋存。

主题词 陆表海 多堡岛体系 事件沉积 含煤建造 华北

第一作者简介 刘焕杰 男 53岁 教授 沉积学

一、含煤建造的陆表海堡岛体系特征

欧文(M·L·Irwin,1965)在论述碳酸盐沉积时,第一次提出了陆表海清水沉积的概念。在一个陆表海中,由于有机质活动性、水动力能量、溶解的化学物质、水的温度、深度以及清洁度在横向上的变化,可以同时产生几种不同的沉积环境,形成独立的不同岩石类型。华北早古生代大面积的陆表海清水沉积已被更多的论据所证实。然而华北晚古生代大面积分布着清水与浑水的混生沉积,并有大量的煤层及其它矿产资源赋存,又是何种成因类型的沉积、具有何种成因特点?

1. 本溪组沉积特点

中石炭统本溪组沉积可分为两部分:下部为大面积分布的陆表海型泻湖相铁铝质沉积,上部为陆表海清水与浑水的混合沉积。在空间分布上,东部以碳酸盐台地环境为主的台地潮下和生物浅滩石灰岩夹障壁岛和泻湖潮坪相陆源碎屑沉积;向西部过渡为障壁岛和泻湖潮坪为主的陆源碎屑沉积夹碳酸盐台地的潮下清水沉积。南部豫西淮南一带,本溪组厚度小,以铁铝质岩为主,灰岩不发育;北部平朔-准格尔煤田一带,本溪组上段灰岩达2—3层,其间夹陆源碎屑岩。中石炭世时,每次海水的进退,在碳酸盐台地、障壁岛和泻湖的潮坪上都不同程度的发育了泥炭坪环境,造成全区性大面积薄煤层赋存。

2. 太原组沉积特点

晚石炭世以清水和浑水混合沉积为特点的陆表海性质更为显著。碳酸盐台地沉积发育,障壁岛相与泻湖相陆源碎屑沉积在时间上、空间上多次相邻相间存在(图版 I、1),陆源碎屑潮坪(图版 I、2)和各种类型的潮汐水道系统沉积(图版 I、3)广泛分布。在以潮汐作用为主的潮坪地区,广泛发育了不同类型的泥炭坪环境,如碳酸盐台地泥炭坪、泻湖泥炭坪、堡后泥炭坪、潮汐三角洲泥炭坪和河口湾泥炭坪等,形成了大面积泥炭堆积(图版 I、4),是我国的主要煤炭资源之一。

全区分布规律是:南部是以碳酸盐台地为主的清水沉积,夹有少量障壁岛和泻湖潮坪陆源碎屑沉积,向北过渡为碳酸盐台地的清水沉积与障壁岛和泻湖潮坪陆源碎屑交互沉积区,至内蒙准格尔煤田中部已全部过渡为障壁岛和泻湖潮坪陆源碎屑的浑水沉积。

3. 陆表海多堡岛浑水与清水混合沉积体系

从本溪组、太原组的沉积特点,不难看出,华北石炭纪岩相古地理格局属于陆表海性质。“现代是了解古代的钥匙”,但我们还没有一个现成的陆表海模式,同样也不能用现代的陆缘海模式去机械地研究古代陆表海沉积。华北石炭纪陆表海沉积的特点主要表现在以下三方面:

(1)属于陆表海多堡岛体系,不同于现代陆缘海堡岛体系。由于陆表海的性质,形成了障壁岛和泻湖潮坪环境在空间上多次相间交替出现的多堡岛体系岩相古地理格局。

(2)多堡岛的陆源碎屑沉积体系与碳酸盐台地的清水沉积共生。碳酸盐台地环境位于多堡岛体系的外缘。随着海水的进退,多堡岛体系的陆源碎屑沉积与碳酸盐台地的清水沉积在空间上和时间上,在陆表海的范围内广泛地交织共生在一起。

(3)主要成煤条件是发育在陆表海堡岛体系和碳酸盐台地上不同类型的泥炭坪环境,因而煤层分布面积广、层位稳定、易于对比和硫份偏高。

二、含煤建造中的风暴沉积

风暴沉积的发育是该类含煤建造的一个重要特征,在漫长的地质历史中风暴作用之频繁、影响之大是不容低估的,风暴是现代和古代滨浅海环境中沉积作用的一个重要因素。

华北石炭纪处于陆表海古地理环境,其古纬度在 $N10^{\circ}-27^{\circ}$ 之间,位于赤道飓风带内,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、徐州等煤田的本溪组、太原组地层中发育多层风暴沉积,其中以石灰岩中的风暴沉积出现频率高,保存完好,甚至全层由风暴与正常天气沉积频繁交替组成(图版 I、5)。

反映本区风暴事件的标志有:侵蚀突变的丘状底界,风暴滞积层,丘状层理,层序组合及遗迹化石组合。

1. 风暴沉积类型及形成模式

在多个石炭系风暴岩序列研究的基础上,笔者归纳了本区风暴岩的下述基本类型,

并对不同类型的特征及形成模式作如下探讨。

1) 回流型风暴岩

该类风暴岩是在具有一定坡度的浅海陆棚区域，由风暴回流及涡流作用形成。这一地带的不同部位由于水深等环境条件的差异，使风暴岩的剖面序列也不尽相同，据此可以划分出三种类型风暴岩，分别代表风暴浪基面附近—正常浪基面之上的沉积。形成模式如图 1。

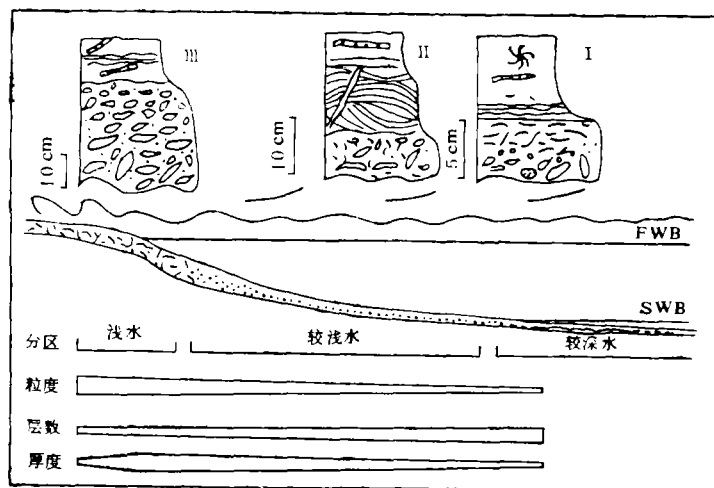


图 1 回流型风暴岩沉积模式

Fig. 1 Sedimentary model of the undertow type tempestite

I 型风暴岩 (远源型)

底部 一般具有缓波形丘状侵蚀面。

下部单元 为等粒石灰岩滞积层，由较完整的腕足、角锥状珊瑚、曲率较大的瓣及化石碎片组成，具明显粒序性。其顶部为均一的生物介壳“框架”层，长形碎片呈直立或倾斜，交织在一起。灰泥基质支撑，厚约 5 厘米，系风暴高峰期沉积。

上部单元 为含等粒灰泥石灰岩，由较纯的微晶方解石及少量生物碎片组成，发育大而规则的动藻迹 (*Zoophycos*)，厚约 5—10 厘米，系风暴期后沉积。

该类型形成于风暴浪基面附近，主要见于阳泉一带太原组 K_2 灰岩中。

II 型风暴岩 (近源型)

一般由三个层段组成，其层序特征一般是：

底部 为波形-槽形丘状侵蚀面。

下部单元 为生粒石灰岩滞积层，其底部为粗大完整腕足、软体动物、珊瑚骨粒及化石碎片，向上生物碎屑含量和粒度均减少，具粒序性，其顶面多波状起伏，反映形成后仍受涡流作用。系风暴高峰期回流所携物质沉积而成。一般厚 10—15 厘米。

中部单元 为发育小型—中型丘状交错层理的灰泥质生粒灰岩和生粒质灰泥灰岩。见有生物逃逸迹。系风暴衰减期涡流搅动海底形成。一般厚 10 厘米。

上部单元 为具水平纹理或薄层状含生粒或生粒质灰泥灰岩。有时具小型变异动藻

迹, 水平潜穴, 根珊瑚迹。系风暴期后沉积, 厚度10—15厘米。

据其剖面发育特征, 该类型可分为Ⅰ₁和Ⅰ₂型。Ⅰ₁型形成于风暴—正常浪基面之间区域的下部, Ⅰ₂型形成于上部。二者区别在于, Ⅰ₂型序列的上部单元常不甚发育, 遗迹化石为根珊瑚迹, 倾斜及水平潜穴, 不具小型动藻迹, 丘状层理的规模相对较大。

在阳泉一带太原组K₂、K₄灰岩及准旗煤田本溪组灰岩中均发育有该种类型风暴岩。

Ⅱ型风暴岩(近源浅水风暴岩图版 I, 6)

底部 为槽形丘状侵蚀面。

下部单元 为透镜状砾屑构成的滞积层, 其中发育众多的侵蚀面, 一般厚30厘米左右, 系风暴期形成的沉积。

上部单元 为薄层状生粒质灰泥石灰岩, 生物潜穴倾斜、微倾斜状, 偶见垂直状。一般厚10厘米左右, 系风暴平静期潮下动荡环境的沉积。仅见于北部准旗煤田本溪组地层中。

它一般形成于正常浪基面之上——潮下地带。风暴期这一地区遭受强烈的侵蚀冲刷, 形成了较深的侵蚀面。系未分异的风暴回流所携带的砾屑近源地沉积而成。主要发育于准旗煤田太原组第三层灰岩中。

由Ⅰ型到Ⅱ型形成水深减小, 风暴作用增强, 侵蚀面起伏加大, 滞积层厚度增加。

2) 搅动型风暴岩

在陆表海的古地理环境中, 海底地形平坦广阔, 常出现有位于风暴浪基面之上的陆棚平地, 发育有灰泥和生物碎屑沉积。由于地形平坦, 在风暴强烈作用期很难形成具有一定方向的风暴回流, 而是以风暴涡流的反复作用为主。风暴涡流挖蚀、改造、悬浮、近距离搬运沉积物, 在陆棚平地内沉积, 从而形成一种特殊的风暴岩, 笔者称之为搅动型风暴岩, 其形成模式如图2。

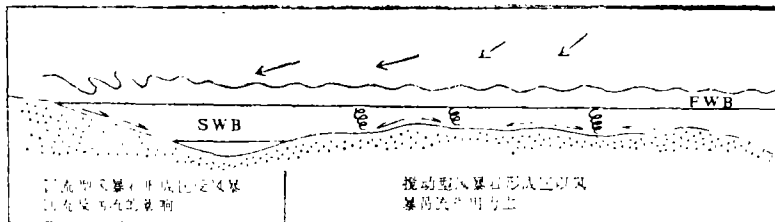


图2 搅动型风暴岩沉积模式

Fig. 2 Sedimentary model of the stirring type tempestite

目前, 风暴沉积的模式多是基于现代陆缘海风暴沉积特征所建立的。一般认为风暴沉积的形成需要近滨冲刷, 受阻形成向海方向风暴回流再沉积的过程。本区风暴岩分布广泛, 某些层位在极广阔区域内十分稳定, 特征相似, 很难想象风暴能形成如此广阔的回流。笔者认为, 在陆表海的古环境条件下, 不但存在回流型的风暴岩, 而且搅动型风暴岩也具有重要意义。

这类风暴岩的特征可初步概括如下:

底部一般为波状-槽状丘形侵蚀面。

下部单元为丘状起伏的生粒石灰岩，发育多个丘状层面，具粒序性，系风暴高峰期涡流搅动再沉积而成。

中部单元为丘状层理段，上部为风暴期后的灰泥石灰岩类，发育反映水动能平静的遗迹化石组合。有时下部和上部单元均发育丘状层理，全层丘状起伏。搅动型风暴岩沉积层序如图 3。

3) 近源风暴砂岩

该类型系风暴冲蚀浅滩形成的回流在近源较浅水区沉积，并受风暴衰减期涡流作用而形成。一般具起伏较大的侵蚀底界，滞积层砂岩具有明显的含斑性(图版 I, 7)，厚度较大。发育有中到大型丘状交错层理(图版 I, 8)，其层序特征如图 4。在准旗煤田太原组 K₂ 砂岩中常见其较为典型的层序。

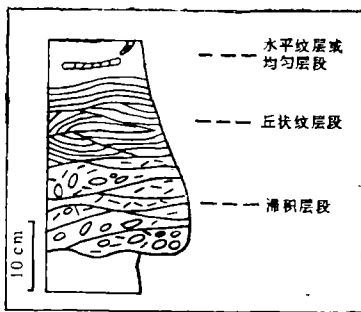


图 3 搅动型风暴岩沉积层序

Fig. 3 Sedimentary sequence of the stirring type tempestite

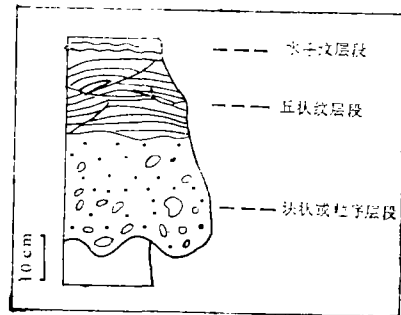


图 4 近源风暴砂岩沉积层序

Fig. 4 Sedimentary sequence of the proximal storm sandstone

此外，在堡岛后的泻湖泥岩中常发育有薄层的具波状侵蚀底界的席状细粒石英砂岩层，具正粒序性，其上常发育水平状生物觅食构造，系风暴漫流沉积。

4) 砾屑泥岩

在准旗煤田本溪组下部致密泥岩中常见一种砾屑状泥岩，其特征是：由灰黑色和灰褐色的大块“泥角砾”组成。砾屑形状复杂，为棱角状、叶片状或撕裂状。是风暴作用期较强水动力条件下，盆内侵蚀再沉积作用的产物。

在上述分析基础上，笔者提出了本区风暴沉积的综合模式(图 5)。

2. 风暴沉积与煤层的形成及赋存

风暴沉积有时以煤层的顶底板出现，与煤层的形成及赋存有一定关系。概括讲，这种关系包括两个方面：破坏作用和建设作用。破坏作用是指风暴沉积侵蚀、冲刷煤层，使之变薄甚至尖灭，如晋中地区太原组中见到的与煤层接触的石灰岩“蛤蟆顶”，就是明显一例。在准旗煤田太原组也常见风暴砂岩强烈侵蚀煤层的现象。

另外，风暴沉积，特别是冲越扇沉积会促使堡后潮坪、泥炭坪环境的扩展，有利于煤层的形成。本区太原组地层中常见冲越扇位于泥炭坪相基底(layer)的层序。

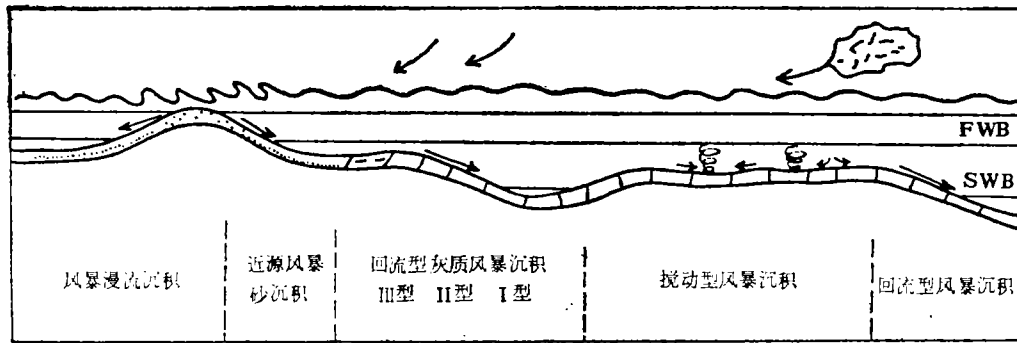


图5 风暴岩综合沉积模式

Fig. 5 General Sedimentary model of the tempestite

三、火山事件沉积

石炭纪含煤建造中的火山碎屑沉积主要出现于太原组中上部，北部准旗煤田最为发育。其主要类型有浆屑凝灰岩、凝灰质熔岩、熔结凝灰岩等。按其成因可归纳为海盆地中和水上堆积的火山碎屑岩。

如准旗煤田太原组四-五灰岩层位间发育的三-四层浆屑凝灰岩，即为泻湖中形成的浆屑凝灰岩。该层厚度一般5—10厘米，分布十分稳定，常发育大量完整的腕足化石，系火山事件诱导的生物灾难。其层序特征如图6。

下部段主要由圆形浆屑组成，偶见熔岩物质，向上浆屑粒度及含量减少，具粒序层理，逐渐过渡为正常泻湖相沉积。该层中生物绝迹，顶部生态复苏，发育有动藻迹等生物遗迹，具有火山碎屑水下重力流的沉积特征。

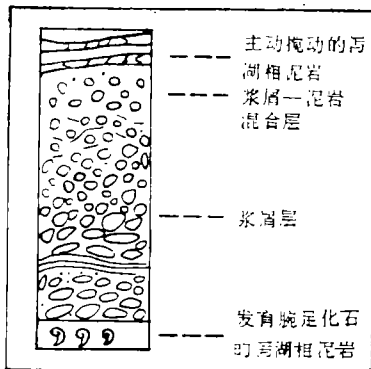


图6 准旗煤田太原组上部浆屑凝灰岩的垂向层序

Fig. 6 Vertical sequence of the tuff fragment from the upper part of Taiyuan Formation, Zhunqi Coal Field

野外工作得到煤炭部第一地质公司和内蒙、河南等煤田地质公司的大力协助，在此一并致谢。

参考文献

[1] Einsele, G. Seilacher, A. et al., 1982, Cyclic and Event Stratification, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.

- [2] Kumar, N. & Sanders, J. E. 1978, Earth Sci. Ser., V. 6, p. 767-770.
[3] Kumar, N. & Sanders, J. E. 1976, J. Sed. Petr., V. 46, p. 145-163.

THE FEATURES OF THE BARRIER ISLAND SYSTEMS OF THE EPEIRIC SEA AND THEIR EVENT DEPOSITS OF COAL-BEARING FORMATIONS IN CARBONIFEROUS OF NORTH CHINA

Liu Huanjie Jia Yuru Long Yaozhen Wang Hongwei

(China Institute of Mining and Technology)

Abstract

The Huabei coal-forming area which is located in North China in Upper Paleozoic Era is one of the biggest coal-forming basins in the world. It is about more than 800,000 km². The reconstruction of the paleographic settings is the key for further recognition the huge Huabei Basin. It makes possible to explore new theories and discover new resources.

The coal-bearing formations of Carboniferous on North China including Benxi Formation of Middle Carboniferous and Taiyuan Formation of Upper Carboniferous, are a set of, coexisting deposits which spread widely and consist of limestone with subtidal carbonate platform facies and biogenetic bank facies and the terrigenous fragment with barrier island facies, lagoon facies and tidal flat facies. The coal beds are distributed widely and stably. So the coal-bearing formation deposit belongs to the epeiric sea and their features of paleogeographic settings are a greater number of barrier island systems of epeiric sea with coexisting clear and turbid water.

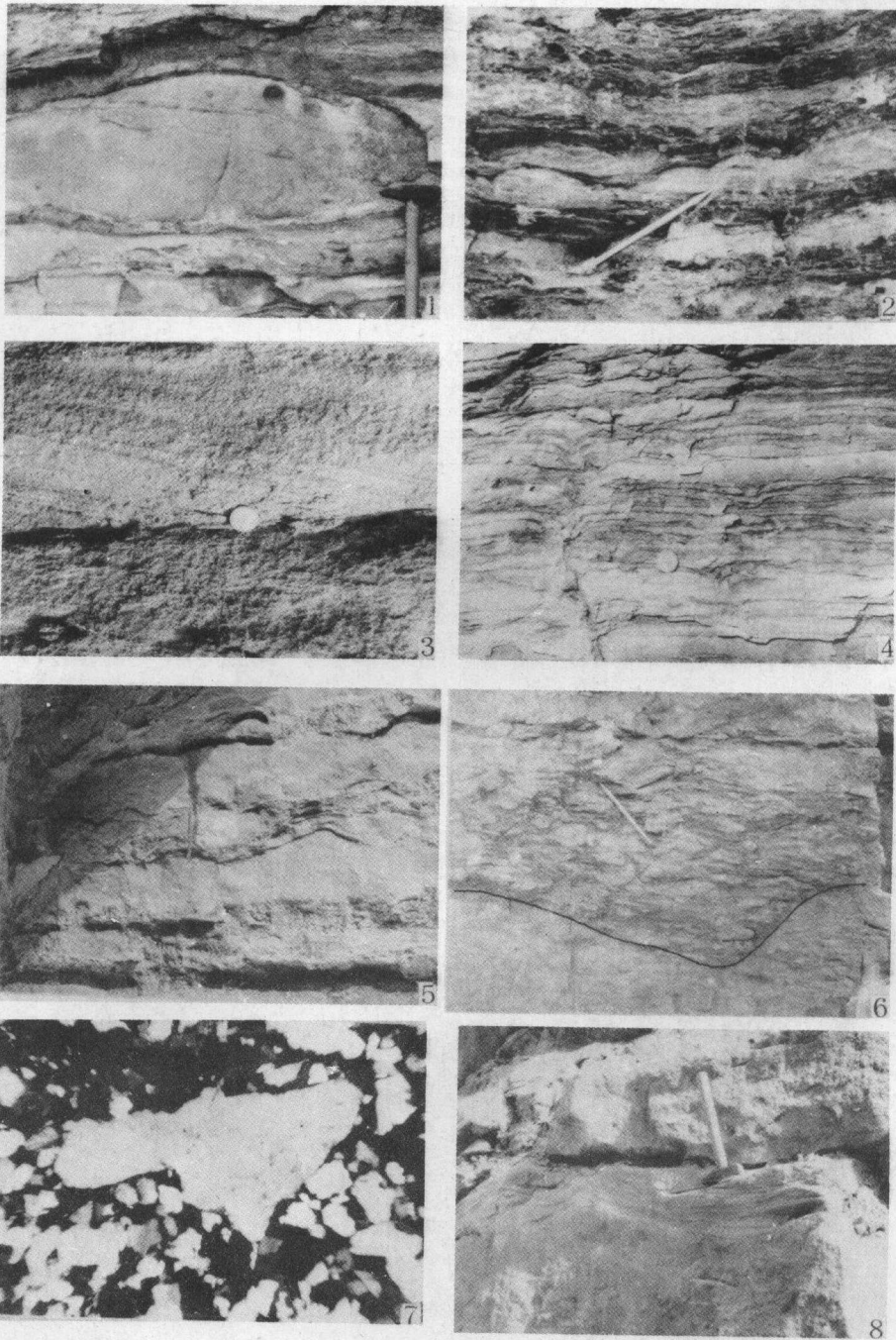
Barrier island and lagoon-tidal flats are repeated many times and existed alternately. The carbonate platforms are located outside the barrier island systems. The main coal-forming conditions are the peat flat environments on tidal flats with different types: carbonate platform-peat flat, lagoon-peat, flat, back barrier-peat flat, tidal delta-peat flat and estuary-peat flat.

The important basin events in coal-forming period are the storm deposits and the volcanic deposits.

Due to the characters of epeiric sea, the storm deposits are distributed widely in the Huabei coal-forming basin. The main marks of storm deposits in this area are the following: the hummocky under the surface of the erosion, the storm detention bed, the hummocky cross bedding, the sequence association and the trace fossil association.

The tempesitite can be divided into carbonates and terrigenous clastics in the Huabei coal-forming basin. The main types are the follows; the proximal and distal carbonate tempesitite of the undertow current type, the carbonate tempesitite of the stirring type, sandstone tempesitite of the proximal type, sandstone tempesitite of the overflow type and gravel fragment mudstone tempesitite. The distribution of coal seams can be influenced by the storm deposits.

The volcanic event deposits occurred in the middle and the upper parts of the Taiyuan Formation. The main types are as follows; the plastic fragment tuff, tufflava, tuff and tuffite. The volcanic deposits can be divided into the accumulation under water and above water.



1. 煤层中的堡后坪相砂岩透镜体, 准旗煤田太原组 2. 煤层中的条带状潮汐层理(白色条带为中细粒石英砂岩), 准旗煤田太原组 3. 双粘土层, 准旗煤田太原组K₁砂岩(潮沟相) 4. 条带状潮汐层理, 准旗煤田太原组(混合坪相) 5. 风暴石灰岩风暴期与平静期沉积的频繁交替, 准旗煤田本溪组 6. 近源浅水风暴石灰岩, 底部具槽形侵蚀面, 准旗煤田本溪组 7. 风暴砂岩的含斑性特征, 正交偏光 10×4 准旗煤田太原组K₂砂岩 8. 丘状交错层理, 准旗煤田太原组K₂砂岩