

含煤岩系沉积环境研究方法讲座

焦作矿业学院 葛宝勋

第六讲

原生沉积构造的研究（之三）

四、冲刷痕和压刻痕

冲刷痕与压刻痕也是流动构造，系指沉积物在搬运和沉积时，在流体的流动作用下形成的构造。

（一）冲刷痕

冲刷痕是指水流在泥质沉积物表面流动时所冲蚀出来的痕迹。冲刷痕可有槽痕，横向冲刷痕、纵向脊与沟、三角形痕迹及障碍痕等。这里介绍常见的槽痕。

槽痕与槽模 水流在泥质沉积物表面冲蚀形成的长形凹坑称为槽痕。当槽痕被上覆砂质沉积物充填后，在上覆层的底面保存的印模称为槽模。

槽模呈丘状、舌状凸起（图6-15），大小不一，长几cm至几十cm，宽0.5cm至十几cm，突起的高度可从几mm到几cm。突起指向上游的一端呈浑圆状，且较高，指向下游的一端渐变宽、变缓，并逐渐接近底面而消失。槽模的形态可以是对称或不对称的，可以孤立出现，但常见成群出现。槽模的长轴方向平行于水流方向（图6-15）。

槽模的形成系因泥质沉积物表面上的凹凸不平或受侵蚀而形成一些高低不平的起伏，导致水流的分离或局部的涡流冲刷底床，在泥质沉积物表面形成凹槽，其后上覆

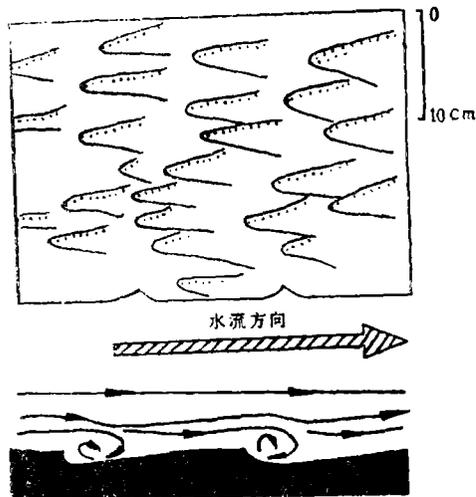


图6-15 槽模：上一平面；下一剖面，在松软泥质层上由流水旋涡冲刷形成的槽痕（据Selley, 1976）

砂层充填于凹槽内，在砂岩底面上保存而成。

槽模是浊积岩的一种特征标志，但在浅海及非海洋环境的沉积物中也可见到。槽模还是确定古水流方向的一种标志。

（二）压刻痕

沟痕及沟模 泥质沉积物表面被水流携带的“工具”（如介壳、砂砾、树枝等）刻划所产生的沟状痕称为沟痕。当沟痕为上覆砂质沉积物充填后，在上覆砂岩层底面上所保存的沟状印模称为沟模。沟模为微突起，呈平行排列的线性小脊，脊为尖形或弧

形，高几mm到几cm。沟槽或单独出现，或成组出现，其延伸方向平行于水流方向。

沟痕和沟模常见于浊积岩中。但在浅水地带，尤其是在水位变化频繁的潮坪、洪泛平原的沉积物中也能见到。

五、变形构造

变形构造是指在同生期或成岩期以前，沉积物尚处于可塑性状态时，由物理作用产生变形而形成的沉积构造。Reineck(1976)称其为“准同生变形构造”。这种构造的特点是通常为局部分布的，基本上局限于上、下未变形层之间的一个层内。这说明它们不是成岩后构造运动的产物，而是形成于沉积物固结成岩之前，因此，常具有指示环境的意义。沉积物的变形主要与其自身的某种不稳定性以及重力作用、介质运动等有关，如沉积物的差异负荷作用、沉陷作用、重力影响下的顺坡滑动或滑塌、液化作用等。这类变形构造常见于浊流沉积之中，且保存也较好，现将其常见者介绍如下：

(一)重荷模(负载构造)

常见于泥质层之上的砂质层底面上。其形态呈圆状、椭圆状或不规则的瘤状凸起，凸起的大小不一，可从几mm到几十cm不等，并且排列杂乱，无方向性(图6-16)。但在同一层面上的重荷模的形状和大小较近似。重荷模是砂质层沉积在含水的可塑性泥质层上时，由于超负载或差异负载而引起沉积物作垂向运动，使上覆的砂质物陷入到下伏的泥质层中而形成的。在此过程中下伏的泥质物因受挤压而呈尖舌状或牛角状伸入到上覆的砂质层中形成火焰状构造。

重荷模常见于浊积岩中，在浅海、潮坪及河流环境中的砂泥质沉积物中也可见到。

(二)球状与枕状构造

常产生在覆盖于泥质层之上的砂质层中，也可见于碎屑灰岩中。其特征是砂层的

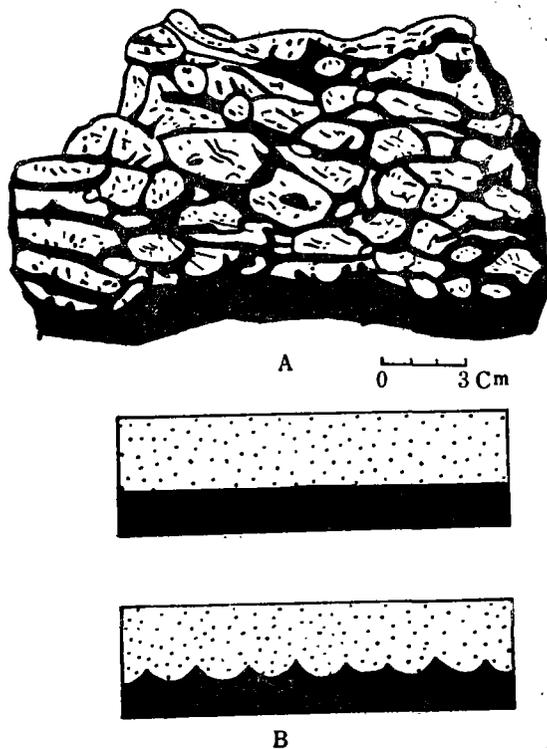


图6-16 A—重荷模(据刘宝珺, 1980)
B—砂岩覆于泥质层之上产生重荷模的过程
(据Reineck等, 1976)

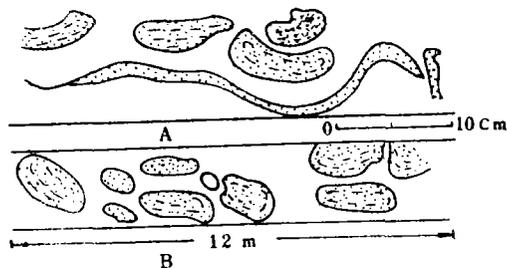


图6-17 A—模拟实验形成的砂球和砂枕
(据Kuenen, 1968, 转引自刘宝珺, 1980)
B—卢森堡的泥盆系中的岩球和岩枕,
(据麦卡尔和安特, 1949, 转引自刘宝珺, 1980)

底部被分割成许多球状、椭球状或枕状块体(图17-B)。它们的大小自几cm到几m不等，彼此之间可以是稍微连接的，也可以是完全孤立地分布于泥质层之中。初看似乎是泥岩中的砂质结核，故Klien(1977)称之为“假结核”。砂球和砂枕可以没有任何内部构

造，也可以内部有纹层，但均已变形，其纹层的变形多与砂球或砂枕的形态相一致。

这种构造主要是由于沉积在含水的可塑性泥质层之上的砂质层，受外力（如地震）影响，断开并沉陷到下伏泥质层中而形成的。Kuenen（1968）已在实验室中模拟实验证实了砂层可因震动而形成砂球、砂枕构造（图6-17-A）。

砂球、砂枕构造常形成于快速沉积作用的条件下，在深水浊流沉积和浅水环境中均有发现。

（三）包卷层理

也有称旋卷层理的，指一种呈复杂褶皱状的变形层理。其形态特征为“向斜”较宽阔圆滑，而背斜则紧密尖锐，常呈同斜倾卧状。其厚度稳定，上下层面平整。内部纹层虽强烈褶皱但仍保持连续状，不伴有任何断层或角砾化现象。

这种构造常产生在薄层粉砂岩、细砂岩层内。有人认为它与沉积层的差异液化有关，因液化层的层间流动引起原生层理的弯曲；也有人认为是由差异负荷导致的。包卷层理在浊积岩中多见，但在潮坪、河漫滩等环境的沉积物中也有产生，如江苏东台潮坪沉积的细砂、粉砂质层中可见到单个褶皱幅度为2~20cm长、5~15cm高的包卷层理。

（四）滑塌构造

系位于斜坡上的未固结沉积物，在重力作用下沿斜坡滑动而形成的变形构造。滑动使原生层理强烈褶皱变形、断错以及角砾化，并可形成成分不同、大小各异的沉积物和岩石碎块构成的“混杂构造”。滑塌既可出现在一个局部范围的薄层内，也可形成于十几m厚的一套岩层中。

滑塌构造也可称为滑坡构造，为水下斜坡的良好指示标志。在浊积岩、三角洲、生物礁和海底峡谷的前缘沉积物中均能见到。

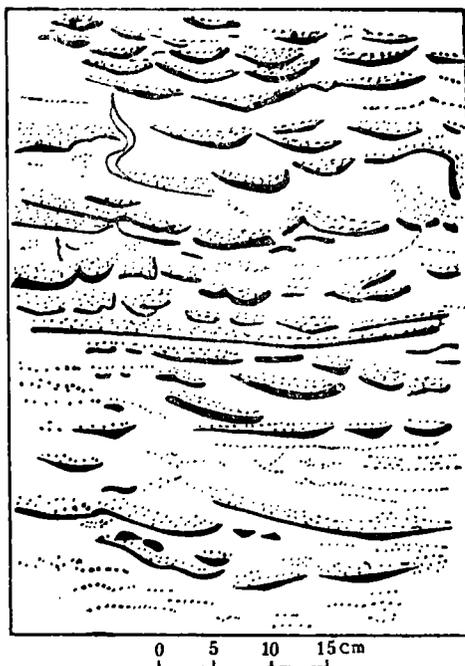


图6-18 砂岩中的盘状构造（据Potter, 1977）

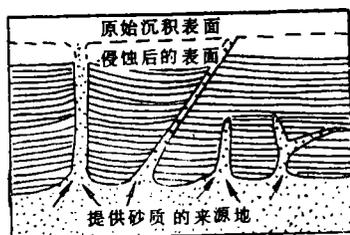


图6-19 砂岩岩脉形成示意图

（据Л.Б.Рухвин, 1958）

（五）盘状构造

是指砂岩、粉砂岩中的盘形纹理。“盘”的直径4~50cm，深1~2cm，边缘向上翘起，可互相重叠（图6-18）。Lowe和Lopiccolo（1974）认为，这种构造是在沉积物固结过程中，孔隙水向上流动形成的，其中泄水通道形成柱状构造，故又称为泄水构造（Waterscape structures）。

（六）碎屑岩脉（岩墙和岩床）

富含水的砂或粉砂，在上覆负荷作用下，成流体样活动，上冲贯入到围岩的裂隙中形成砂岩岩脉或岩墙（图6-19）。当其沿层面贯入时则形成砂岩岩床，它也是在沉积物

固结前形成的。

六、原生沉积构造垂直序列举例

查明含煤岩系中的各种原生沉积构造，可以用来恢复环境参数，从而有助于确定其形成时的沉积环境。原生沉积构造是十分直观的，可以在野外、矿井中以及岩心上直接观察，既不需要特殊的仪器设备，又不需要费时、花钱多的分析测试，因此是沉积环境分析的最重要的、必不可少的常规手段。然

而，仅依据某一个单独的沉积构造来确定其形成的环境又常是不充分的，甚至是不可靠的。因此，除了要研究在某一时刻形成的沉积构造外，还应研究整个沉积阶段所形成的沉积构造垂直序列(简称纵向序列)。

原生沉积构造垂直序列是指一系列有成因联系的原生沉积构造在垂向上的规律性组合，它们是沉积环境随时间的变化而在垂向上叠复的结果。实质上，垂向序列反映了含煤岩系形成环境在垂向上的规律变化。这也

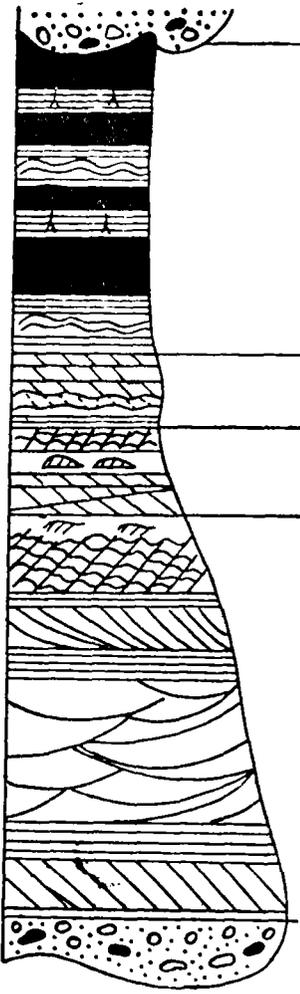
沉积构造	岩性特征	环境解释	
 <p>微波状层理、水平层理，煤层底板常呈团块状构造，植物根发育，可见干裂，雨痕等</p>	<p>粉砂岩、泥质粉砂岩及泥岩，干旱气候可有钙质结核、铁质结核，甚至盐类沉积。潮湿气候条件下，常因沼泽化而形成泥炭层(煤层)。</p>	<p>包括： 河漫滩、河漫湖泊及河漫沼泽等</p>	<p>泛滥平原亚环境</p>
<p>中小型交错层理、斜波状层理及水平层理，可发育冲刷充填构造</p>	<p>细粒、微粒砂岩、粗粉砂岩，平面上分布呈扇形或延伸如舌状</p>	<p>决口扇</p>	<p>河岸亚环境</p>
<p>小型交错层理、透镜状层理，上叠砂纹交错层理、水平层理、干裂、雨痕、虫孔</p>	<p>微粒砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩，常呈薄互层状。</p>	<p>天然堤</p>	
<p>各种交错层理(总的是由下向上，由大型渐变为中、小型交错层理)、平行层理、上叠砂纹交错层理，直至顶部的水平层理。</p>	<p>粗、中、细甚至微粒砂岩、粉砂岩。总的特征是向上粒度变细。一般成分成熟度不高。</p>	<p>边滩</p>	<p>河道亚环境</p>
<p>块状层理或不清晰的大型交错层理，底面为冲刷面，有时可发育冲刷充填交错层理。砾石常呈砾瓦状构造</p>	<p>砾岩、含砾砂岩，多呈厚度不大断续分布的透镜体，砾石成分复杂</p>	<p>河底深槽(形成河床滞流沉积)</p>	

图 6-20 曲流河沉积向上细的垂直变序列

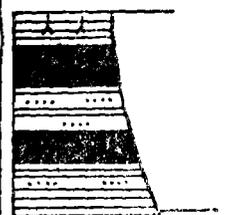
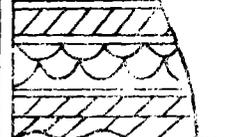
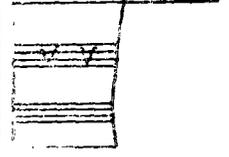
垂直序列示意图	沉积构造	岩性特征	环境解释	
	小型交错层理、砂泥互层层理、波状、透镜状层理、规模不大的冲刷充填构造，团块状构造 生物扰动构造 植物根痕、干裂、雨痕等	泥岩、粉砂岩、微粒、细粒砂岩、碳质泥岩及煤层，干旱气候条件下可有钙质、铁质结核	分流平原（包括沼泽、湖泊等）	三角洲平原亚环境
	板状、槽状，收敛状交错层理、平行层理，底面常为冲刷面，可见冲刷充填构造， 流水波痕	砂岩，常具正粒序，砂岩的成分成熟度与结构成熟度由中等到较差。	分流河道	
	水平层理、透镜状层理，生物扰动构造，潜穴	泥岩为主，可含少量粉、细砂岩，可有碳酸盐岩，菱铁质结核等	分流间湾	
	槽状、楔状交错层理 流水和浪成波痕 气胀构造、滑塌构造	细砂岩，粉砂岩，一般上部质纯净，分选好。可含泥岩夹层，常呈下细上粗的逆粒序	河口砂坝	三角洲前缘亚环境
	水平层理，砂泥互层层理，受潮汐影响的河口地区常见双向层理、透镜状、波状、脉状层理 生物扰动构造	粉砂岩、泥岩、粉砂质泥岩，可发育结构纹层或颜色纹层。	远砂坝	
	水平层理、块状层理，生物扰动构造、潜穴	泥岩、粉砂质泥岩，因富含有机质而呈黑色，可见黄铁矿晶粒、菱铁矿结核等	前三角洲亚环境	

图 6-21 以河流作用为主的建设性三角洲沉积的垂直序列

是瓦尔特相律在环境解释中的应用。

现将含煤岩系中常见的几种环境的原生沉积构造的垂直序列，结合岩性特征，以图表形式举例如下：

(一) 曲流河沉积垂直序列

如图6-20所示，底部常由冲刷面开始，与下伏岩系为冲刷接触。由下向上相应为河道亚环境、河岸亚环境、泛滥平原亚环境。由于水动力条件逐渐减弱，沉积构造由大型渐变为中、小型，粒度向上变细呈正粒序序列。煤层主要形成于泛滥平原亚环境。

(二) 建设性三角洲沉积的垂直序列

如图6-21所示，由前三角洲、三角洲前

缘与三角洲平原等亚环境的沉积组成。与曲流河环境沉积的主要区别为：在沉积构造上可见其底部无冲刷面，向上为水平层理、潮汐层理，再变为小型、中型到大型的各种交错层理及平行层理，反映水动力条件逐渐增强的总局势。岩性则相应由泥岩、粉砂岩渐变为微粒、细粒、中粒、粗粒砂岩，为逆粒序序列。但在三角洲平原亚环境的沉积序列中仍与曲流河沉积相类似，即由分流河道到分流平原沉积，其原生沉积构造由大、中型渐变为小型、粒度向上变细。煤层主要形成于三角洲环境中的分流平原亚环境的沉积中。

(待续)