

晋东南石炭-二叠系灰岩的沉积特征

肖武权

(湘潭矿业学院)

石炭-二叠系含煤岩系,由灰岩、碎屑岩和煤共同组成。根据灰岩宏观与微观分析,灰岩发育于淡化海湾的潮间-潮下带上部。由于潮汐和风暴使海水反复波及近岸沼泽和海湾泥滩池沼,形成独特的与海水有关的煤系、灰岩组合。

一、宏观特征

研究区位于沁水盆地东南部。石炭-二叠系本溪组 (C_2b)、太原组 (C_3t)、山西组 (P_1s) 为本区唯一含煤岩系,由灰岩、碎屑岩和煤共同组成,灰岩主要见于太原组和山西组,以前者为主(图1),主要灰岩有 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 。层位稳定,特征明显,单层厚 2—10 m。

灰岩一般为黑色、黑灰色。下伏为煤层、炭质泥岩或粘土岩,上覆为泥岩、粉砂岩。有时灰岩之上覆以煤层,仅以几厘米厚的粘土岩相隔。一般为生物屑灰岩,生物屑含量 10—30%,局部可富集成层,主要有腕足、瓣鳃、珊瑚、有孔虫、海百合茎等。化石破碎,富集地段常呈定向排列。

灰岩中常可见到呈条带状、似层状、结核状的深黑色燧石(图版 I-1)。燧石中保留有残存的灰岩及大量化石,说明燧石属交代成因。燧石在灰岩中上部呈条带-似层状,在中厚层状灰岩中呈结核状。按江纳言燧石成因分类^[1],本区燧石属 S 燧石。

原生沉积构造主要有层理、层面构造和生物沉积构造。

层理主要为浪成波痕层理(图版 I-2),一般有两种表现形式:一种是平缓的波痕纹理或近水平层理,其发育层段生物碎屑含量较低,灰泥相对富集;另一种是起伏较大的波痕层理,一般波长 10—50 cm,波高 5 cm 左右,大部分为对称型,一般出现在生物碎屑含量较高的灰岩中。在波痕面上,生物随波起伏,在波谷区更为富集。波痕相互斜交(图版 I-3),反映了非单向水流作用。还可见发育的纹理,由富含生物碎片和富含灰泥的条带组成。纹层条带厚 1 mm 左右,突变接触。

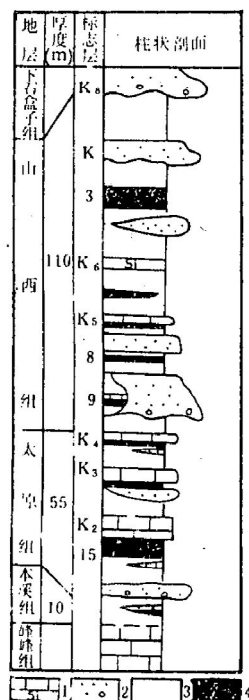


图1 含煤地层综合柱状图

1—灰岩、硅质岩, 2—砂岩、细砾岩, 3—粉砂岩、泥岩, 4—煤

1 mm 左右, 突变接触。

生物沉积构造主要有 *Cruziana* 遗迹相和 *Zoophycus* 遗迹相。前者以各种无脊椎动物的爬行迹、停息迹和觅食迹混合为特征。这种遗迹相为单向延伸的潜穴，层内和层面都有分布，主要为水平的、缓倾斜的类型（图版 I-4），垂直者很少。潜穴内具有向一方突出的觅食弧形纹，由细小的化石碎片和黑色有机质的定向排列而显示。潜穴内有重结晶的粉晶和细晶物充填，颜色及成分与周围不同。有时可见潜穴交叉、分叉，偶见两个相反方向的弧形纹在同一潜穴中出现。后者分布普遍，以系统的觅食构造为主，在垂直岩层的层面上呈螺旋形，在平行岩层层面内呈叠锥形。在这两种遗迹相中，*Cruziana* 遗迹相产于开阔的陆棚浅海、波浪影响显著的浅水区；*Zoophycus* 遗迹相并不严格指示深度，Seilacher (1967) 曾认为该相产于半深海大陆斜坡环境，但在许多极浅的海相地层中都有发现^[2]。

此外，还有由风暴形成的沉积物，由三个单元组成^[3]，即底部滞留单元（A段）、中部纹理单元（B段）、顶部泥岩段（C段）。A段具突变的侵蚀底界，侵蚀面上波状起伏，由砾级为主的生物屑组成，主要为瓣鳃、腕足、海百合茎等；B段由砂砾级-砂级为主的生物碎屑与颜色较深的泥晶灰岩互层组成，呈明显的纹理，纹理呈波状起伏，生物扰动较少；C段由颜色深的泥晶灰岩组成，生物化石稀少，个体小而保存完好，痕迹化石及生物扰动发育。

二、微观特征

以长4孔为例综合其微观特征如表1。

灰岩主要由生物碎屑（颗粒）与灰泥组成。一般灰泥含量高70—85%，生物屑15—30%，岩石类型主要为含生物屑泥晶灰岩，其次为生物屑泥晶灰岩、泥晶生物屑灰岩。

生物颗粒分三种：（1）破碎型颗粒。瓣鳃、腕足、海百合茎为主，少量的苔藓虫、珊瑚、海绵，均呈半自形-他形的砂砾级颗粒，甚至粉砂或更细的质点（图版 I-5, 6）。（2）中等破碎-较完整型颗粒。主要是一些具有碎解式骨骼的有孔虫、少量的藻类，个体较大的瓣和其他被磨蚀的有孔虫、介形虫（图版 I-6）。（3）完整型的颗粒。小个体的介形虫、有孔虫和藻类。介形虫和有孔虫个体一般0.1—0.3mm，壳薄，完整（自形），面貌单调，种属贫乏，在某一灰岩中往往一至二种占优势。

生物颗粒类型反映了两种生物组合，即原地和异地生物组合。原地生物为保存完整的介形虫、部分有孔虫及大部分藻类，这是一种受限制的有淡水注入的浅水环境。异地生物为大部分有孔虫、腕足、瓣鳃、海百合茎、苔藓虫、珊瑚等，为正常浅海生物组合，都有不同程度的磨蚀与破碎。尽管不同生物其破碎程度的表现与其本身的抗碎性、原始形态及水动力作用有关，但总的来说，这些颗粒的分选、磨圆、定向排列、生物屑条带状富集等特点，都说明周期的潮汐水流作用。

藻类一般见于每层灰岩的中、上部，下部较少，可鉴定的有蠕孔藻、假蠕孔藻和蓝绿藻、轮藻等。这些藻类多生活于潮间—潮下带的上部，轮藻的出现则与水体淡化有关。

生物颗粒的泥晶化现象^[4]，在有孔虫、腕足、苔藓虫、瓣鳃、藻类等生物屑中均可

表1 灰岩特征一览表(长治4号孔)

灰岩代号	薄片号	颗 粒 (%)										泥晶 (%)	亮晶 (%)	相对破碎程度 (%)			岩石类型
		内碎屑	化 石 颗 粒											完整	较完整	破碎	
			总含量	瓣鳃	腕足	海百合	苔藓虫	介形虫	有孔虫	藻类	其它						
k ₅	k ₅ (3)	0	16.05	7.86	0	2.01	0	3.34	2.84	0	0	83.95	0	36	18	46	含生物屑泥晶灰岩
	k ₅ (2)	0	10.52	1.11	0.5	3.59	0.62	1.98	2.1	0.62	0	89.48	0	34	31	35	含生物屑泥晶灰岩
	k ₅ (1)	0	10.47	2.58	5.32	0	0	1.13	1.45	0	0	89.53	0	0	42	58	含生物屑泥晶灰岩
k ₄	k ₄ (3)	0	22.57	4.64	3	1.27	0.46	1.37	9.37	0.27	0	77.41	0	28	36	36	含生物屑泥晶灰岩
	k ₄ (2)	0	15.18	8.37	1.95	1.95	1.17	1.17	0.58	0	0	84.82	0	8	38	54	含生物屑泥晶灰岩
	k ₄ (1)	0	21.98	0.84	6.44	7.7	1.12	0.42	3.36	0.21	0	78.02	0	12	48	40	含生物屑泥晶灰岩
k ₃	k ₃ (4)	0	18.8	3.94	0.91	7.43	0.3	4.09	0.91	1.21	6.24	81.20	0	0	40	60	含生物屑泥晶灰岩
	k ₃ (3)	0	26.05	2.96	4.75	5.14	2.63	0	1.86	0	0	73.95	0	10	50	40	含生物屑泥晶灰岩
	k ₃ (2)	0	23.85	13.1	2.88	3.93	0	0	3.93	0	0	76.15	0	8	42	50	含生物屑泥晶灰岩
	k ₃ (1)	0	51.36	39.46	9.06	0	0	2.83	0	0	0	49.64	0	6	6	88	泥晶生物屑灰岩
k ₂	k ₂ (9)	0	32.31	9.46	3.57	2.95	0	8.21	2.59	1.87	3.66	67.42	1.1	13	53	34	生物屑泥晶灰岩
	k ₂ (8)	0	19.56	2.57	2.75	0.46	2.02	5.42	3.03	3.3	0	80.44	0	20	40	40	含生物屑泥晶灰岩
	k ₂ (7)	0	16.61	4.29	0	0	0	1.68	9.7	0.93	0	83.39	0	50	25	25	含生物屑泥晶灰岩
	k ₂ (6)	0	15.29	2.35	0.53	1.39	0	4.17	5.99	0.86	0	84.71	0	42	42	16	含生物屑泥晶灰岩
	k ₂ (5)	0	15.28	2.56	1.64	0	0	2.15	3.9	1.95	2.36	84	0	36	36	28	含生物屑泥晶灰岩
	k ₂ (4)	0	72.16	65	2.23	2.56	0	0	9.22	2.56	0	83.35	0	38	45	17	含生物屑泥晶灰岩

弱—强烈磨蚀，中—灯刀迹，以散碎的瓣鳃、腕足、海百合、有孔虫、海百合茎为主，颗粒含量大于20%。(3) 双粒度单模式—双粒度双模式过渡型。灰泥与生物颗粒在粒度上呈显著的二组，颗粒含量10-20%，自形—他形均有。生物颗粒分两种类型：一是未经磨蚀原地堆积的介形虫、有孔虫，二是半自形—他形的腕足、瓣鳃、瓣、其他有孔虫、海百合茎等。(4) 多粒度基底型。背景为均一的灰泥，同一类生物屑表现为砂砾、粉砂，甚至更细的质点，半自形—他形，弱—中等磨蚀，主要为腹足、腕足、海百合、有孔虫等，颗粒含量大于30%。

三、环境分析

扫描电镜研究证实，本区灰岩泥级部分除灰泥外，尚有少量粘土矿物。灰泥有机

械、化学、生物三种成因。在扫描电镜下,化学成因的灰泥主要呈他形粒状,多为圆钝形,颗粒界线清楚;生物成因的具超微化石的灰泥多呈锥状;机械成因的非生物屑灰泥表面有溶蚀、磨蚀孔、凹坑等,生物屑灰泥表面具原生生物纹饰。粘土矿物在电镜下的形态随成分而异,主要呈片状、棒状,无任何生物结构。

在灰泥的三种成因中,化学沉淀灰泥很少,超微化石也极罕见,主要为机械破碎成因的生物屑灰泥(这里将生物骨骼受动力磨蚀形成的灰泥归于机械成因,因为这些生物屑灰泥形成后,漂到沉积点沉积时,主要受重力分异作用影响)。由此可以认为,生物骨骼受到波浪的强烈磨蚀,部分破碎成泥级的小质点(灰泥),然后被带到本区较低能环境沉积下来。灰泥中少量混入的粘土矿物,反映了沉积区距岸较近,难免为浑水所扰,当其达到一定程度,就可抑制本区灰岩的发育,形成泥灰岩或钙质泥岩,这由灰岩中所夹的薄层泥灰岩得到证实。

一般认为大量灰泥是在静水中形成的,而本区灰岩虽含有大量灰泥,但发育浪成波痕,泥晶化现象明显,颗粒定向排列,这些都与静水条件相悖。笔者认为:本区灰泥的形成机理与碎屑潮坪中粘土层的形成机理基本一致。当潮水上涨形成向岸运动的涨潮流时,沉积粗碎屑并形成波痕层理,粗碎屑在波谷地区富集,达到最高峰时,产生高潮平潮期,平潮期意味着潮汐的水平运动和垂直运动停止,较粗颗粒都已卸载,此时灰泥开始沉积。退潮时,水体从表面开始运动,然后逐步向下传递,从而形成向下的惯性力,

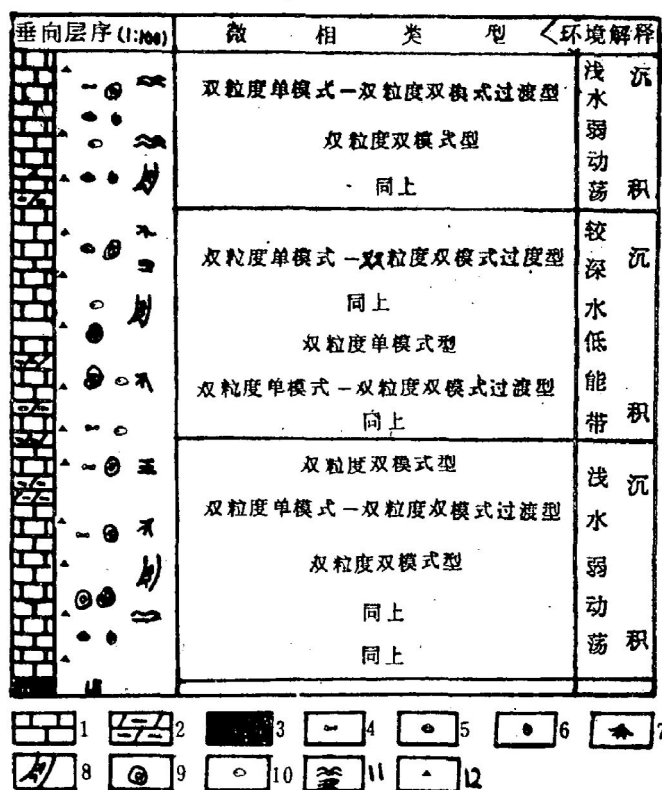


图2 灰岩垂直层序(八甲口, k2)

1—灰岩, 2—泥灰岩, 3—煤层, 4—有孔虫, 5—瓣鳃, 6—腕足, 7—*Zoophycus*遗迹相, 8—*Cruziana*遗迹相, 9—海百合茎, 10—介形虫, 11—波痕层理、近水平层理, 12—采样点

帮助细生物屑沉积,当退潮达最低时,形成低平潮,此时也可沉积灰泥,如此循环往复,形成大量的灰泥。当然,由于超微生物活动,当其死亡后也成为灰泥的一部分;化学沉淀也可形成部分灰泥。在灰岩中,见不到象单粘土层或双粘土层这样的沉积构造,主要原因为灰岩中颗粒和灰泥的成分、颜色完全一样,不易识别微细构造。薄片定向排列的颗粒两部分之间,可见到宽窄不一的灰泥含量很高的条带,可能代表了这种沉积构造。

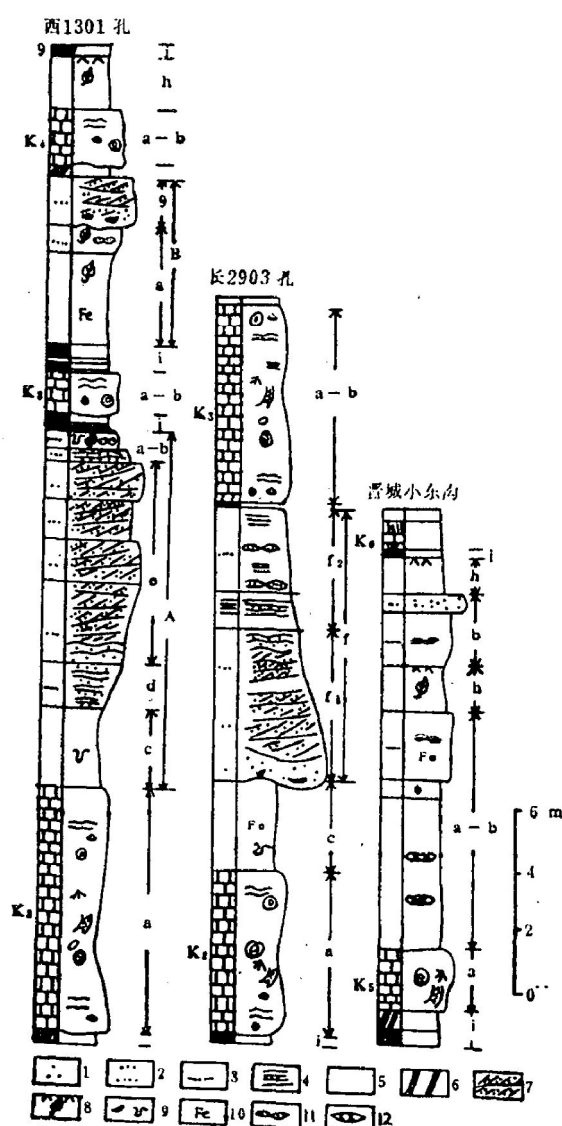
综合上述特征,本区晚古生代灰岩是发育在潮间-潮下带上部的淡化低能浅水环境。这种淡化浅海实际上是一种淡化的海湾¹⁾。灰岩形成与近岸的和湾内泥滩上的泥炭沼泽有关。正因为潮涨、潮落,反复变化,形成一套由浅变深又由深变浅反复出现的垂向层序(图2)。正因为地处海湾既受正常海水影响又受淡水波及,形成独特的与海水有关的成煤环境,构成灰岩与煤层的岩石组合。煤层含硫量高的原因,也正是与这种组合有关^[5]。由于海水带来大量硫酸盐,在硫细菌的作用下,转化为硫离子,然后与铁离子结合,形成 FeS_2 赋存于泥炭之中。这种作用不仅在泥炭层表面发生,而且可以深入泥炭层的底部,结果煤中含大量的 FeS_2 ,从而使煤的硫分增高。

碎屑物主要是来自北部向南推进的三角洲。由于碎屑供应的不均一性,海平面的波动,海湾盆地下降的不均一性导致在垂向上多次出现灰岩-碎屑沉积交替旋回清楚的含煤岩系(图3)。

本文得到中国地质大学陈钟惠教授指导,叶德燎同志提供了电镜分析资料及其他帮助,在野外收集资料过程中得到山西114地质队的帮助,在此一并致谢。

图3 碎屑岩、灰岩混合垂向层序

1—粗、中砂岩,2—细、粉砂岩,3—砂质泥岩,4—砂、泥互层,5—泥岩,6—碳质泥岩,7—交错层理,8—根土岩、植物叶化石,9—泥砾、潜穴,10—黄铁矿结核,11—透镜状层理,12—似层状菱铁岩,a—潮下,b—潮间,c—前三角洲,d—远端坝,e—近端坝,f—分流河道,f₁—活动分流河道,f₂—废弃分流河道,g—决口扇,h—沼泽,i—泥炭沼泽,A—水下三角洲沉积,B—分流间湾充填沉积。其余同图2



1) 肖武权, 1987, 山西省沁水煤田东缘晚古生代含煤岩系的沉积环境与聚煤作用研究, 武汉地质学院硕士论文,

参 考 文 献

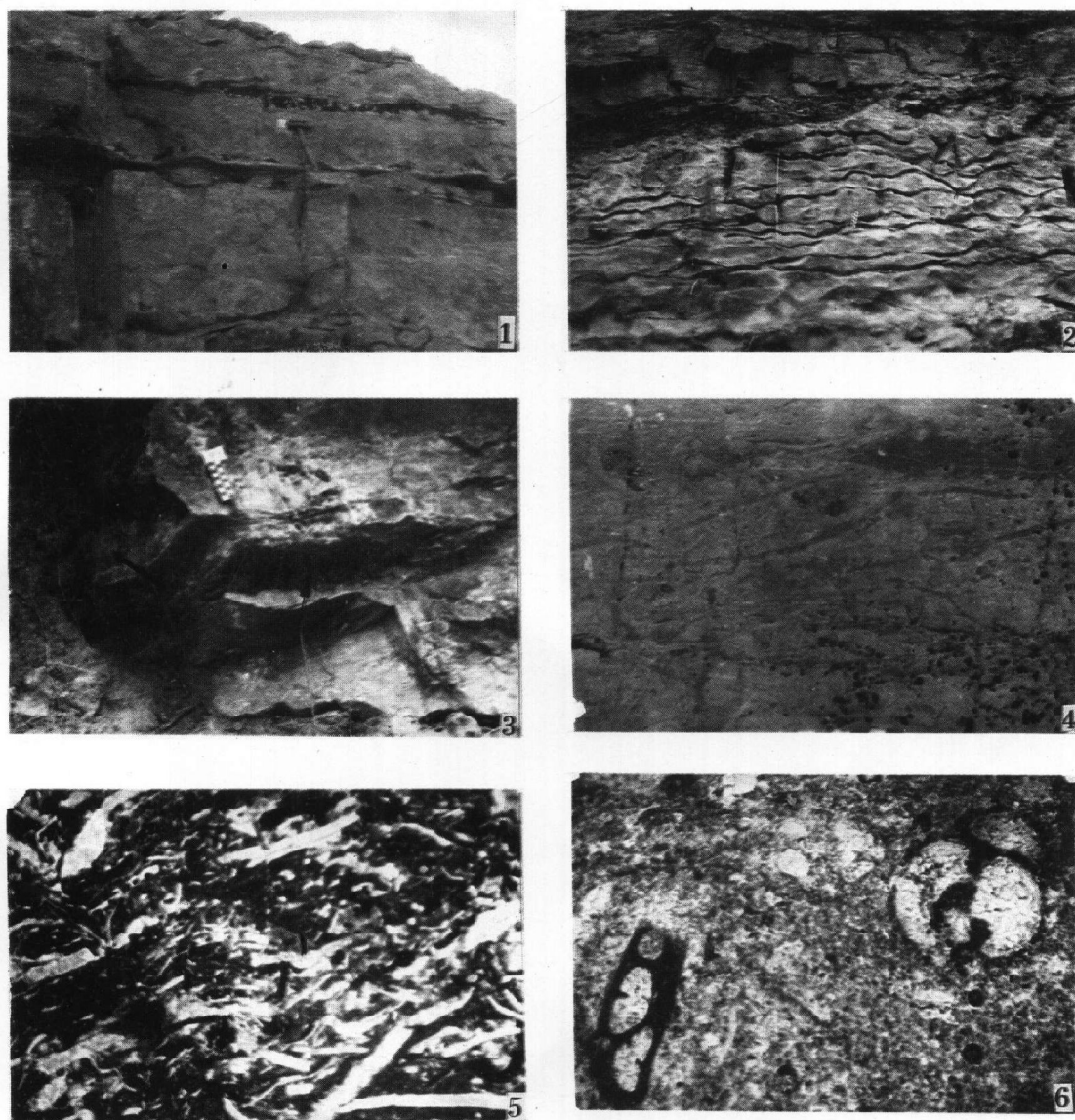
- [1] 江纳言等, 1984, 沉积学有机地球化学学术会议论文选集, 科学出版社。
- [2] 杨式溥, 1984, 石油与天然气地质, 第5卷, 第3期。
- [3] 余素玉, 1985, 地质科技情报, 第2期。
- [4] 余素玉, 1982, 化石碳酸盐岩, 地质出版社。
- [5] Horne, J.C., et al., 1978, Bull. AAPG, Vol. 68, No. 2.

**DEPOSITIONAL CHARACTERS OF THE
CARBONIFEROUS PERMIAN LIME-
STONE IN SOUTHEAST SHANXI**

Xiao Wuquan
(*Xiangtan Mining College*)

Abstract

Coal-bearing strata in southeast Shanxi consist of carbonate rocks (limestone, clastic rocks and coal. According to macroscopic and microscopic study, the author suggests that the limestone developed in intertidal to the upper part of subtidal zone of the freshening bay. Sea water repeatedly flooded offshore marshes and ponds of mud banks due to tidal and storm, resultin in this unique coal-limestone assemblage.



1. 灰岩中似层状分布的燧石层。柳义, k_2 。
2. 浪成波痕层理。八甲口, k_3 。
3. 两组相互斜交的波痕(箭头为波谷方向)。八甲口, k_2 。
4. *Cruziana* 遗迹相。附城, k_5 。
5. 破碎的瓣鳃类、腕足类化石, 具定向排列。长 4 孔, 单偏光, $\times 20$, k_4 。
6. 破碎的苔藓虫(左)和轻度磨蚀的有孔虫(右), 颗粒具泥晶化。长 4 孔, 单偏光, $\times 40$, k_3 。