

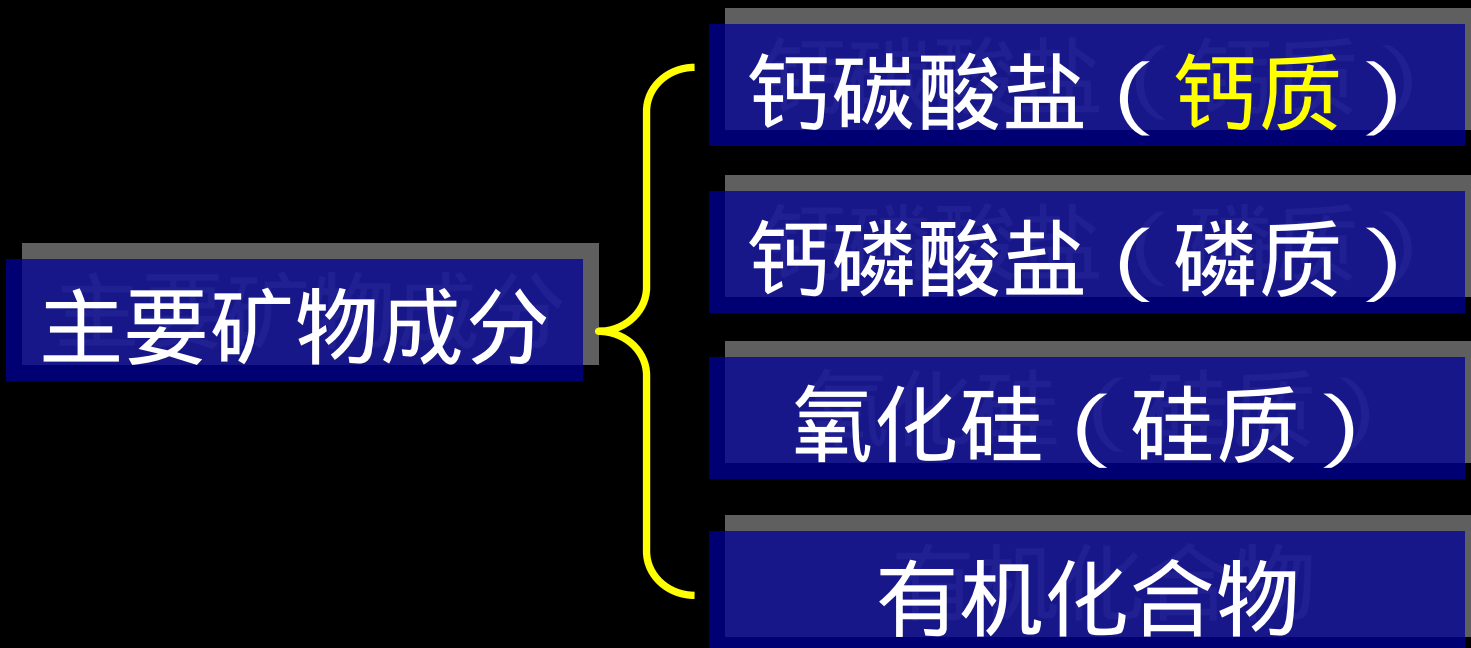


第二节 碳酸盐岩的生物骨骼组分

Organic skeletal constituents
of carbonate rocks

一、碳酸盐岩中生物骨骼的主要矿物成分

Main mineral composition of skeleton in carbonate rocks



钙质为绝大部分无脊椎动物和藻类植物的造骨物质，主要矿物成分为：

低镁方解石 ($\text{MgCO}_3 < 4\text{mol}\%$)

高镁方解石 ($\text{MgCO}_3 > 4\text{mol}\%$)

文石 ($\text{MgCO}_3 < 1\text{mol}\%$)



具低镁方解石质硬体的生物主要有：

低等门类的蓝藻、红藻的管孔藻科、褐藻、金藻、甲藻、轮藻、纤毛纲、海绵、古杯。

高等门类较低级的床板珊瑚、四射珊瑚、苔藓虫、腕足类、竹节石类、三叶虫、甲壳纲等。



具高镁方解石质硬体的生物主要有：

棘皮动物、珊瑚藻、粟米虫、八射珊瑚、红藻等。

具文石质硬体的生物主要有：

软体动物（头足、腹足、瓣鳃）、绿藻、水螅、六射珊瑚、裸松藻、龙介和某些有孔虫等。

文石、高镁方解石 \longrightarrow 低镁方解石



磷质矿物主要为胶磷矿和磷灰石，但后者常常混有碳酸钙成分。磷质主要为**脊椎动物**和**牙索动物**的主要造骨矿物。

组成生物硬体的**有机化合物**，主要有几丁质、壳蛋白、海绵丝和胶原等。

有机质硬体多发育于节肢动物、多毛纲、无铰纲和某些原生动物中。

硅质矿物有石英、玉髓和蛋白石。它们多是**低等**生物硬体的矿物组分。

如硅藻、金藻、硅甲藻和放射虫、太阳虫以及硅质海绵骨针、硅质鞭毛虫等生物的硬体。

镁碳酸盐矿物（简称**镁质**），只有白云石一种。前寒武纪的少数蓝藻分泌原白云石（多钙白云石）。三叠系的低等藻类也有的是由白云石组成的。

二、钙质生物骨骼的结构分类

Textural classification of calcareous skeleton

骨骼结构是指组成生物骨骼的矿物晶体的形状、大小、排列以及晶粒间的相互关系。

按晶体的空间
分布形态分

粒状结构

纤状结构

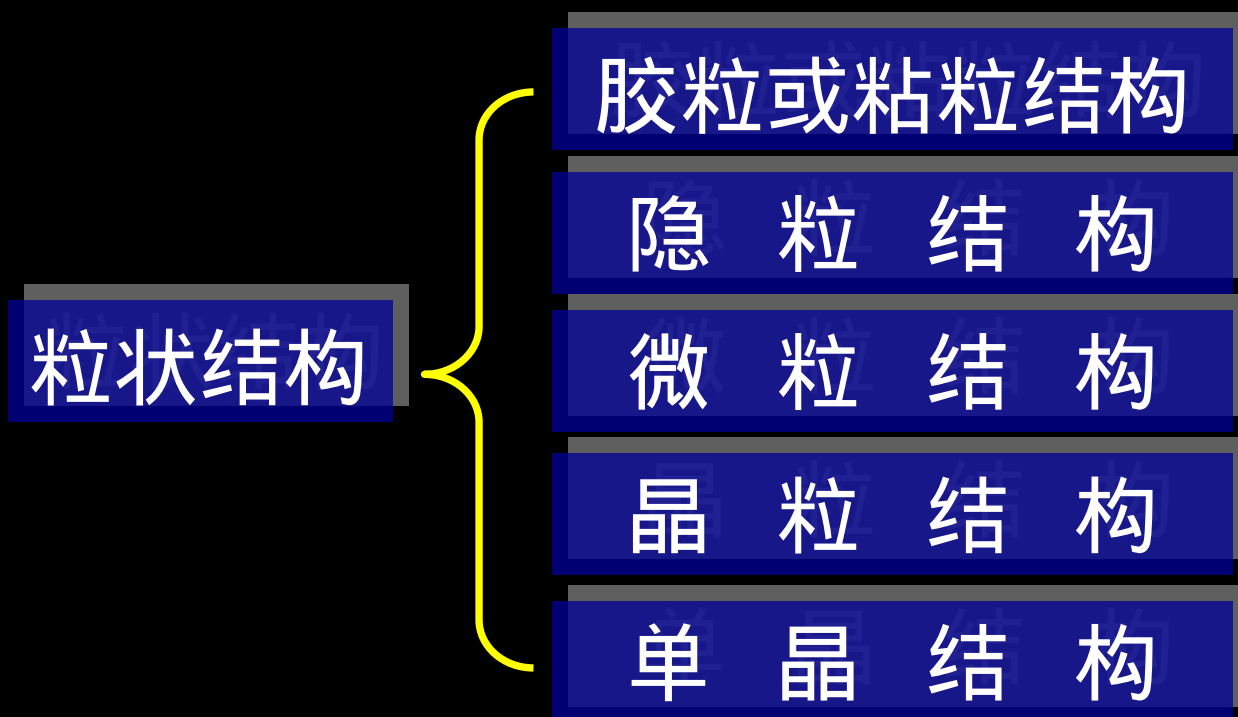
片状结构

柱状结构

(一) 粒状结构 (Granular texture)

由大致等粒状的方解石或文石晶粒组成，
是低等生物的主要结构类型。

按晶粒大小和光性方位分为五种类型。





1.胶粒或粘粒结构

由微晶方解石（或文石）胶结稍大的方解石、石英、长石粉砂以及其它碳酸盐颗粒而成。

此种结构仅见于最低等的生物，如蓝藻、红藻、低等有孔虫和某些多毛类蠕虫等。

2. 隐粒结构

由 $<0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 的碳酸盐颗粒组成。

因其颗粒太细、光线多被折射和反射而显光性杂乱，加之常含有较多的有机质，故在单偏光镜下**色暗不透明**。

此种结构常见于蓝绿藻、红藻化石、部分有孔虫、层孔虫及珊瑚幼年期硬体、蜓壳的致密层等。

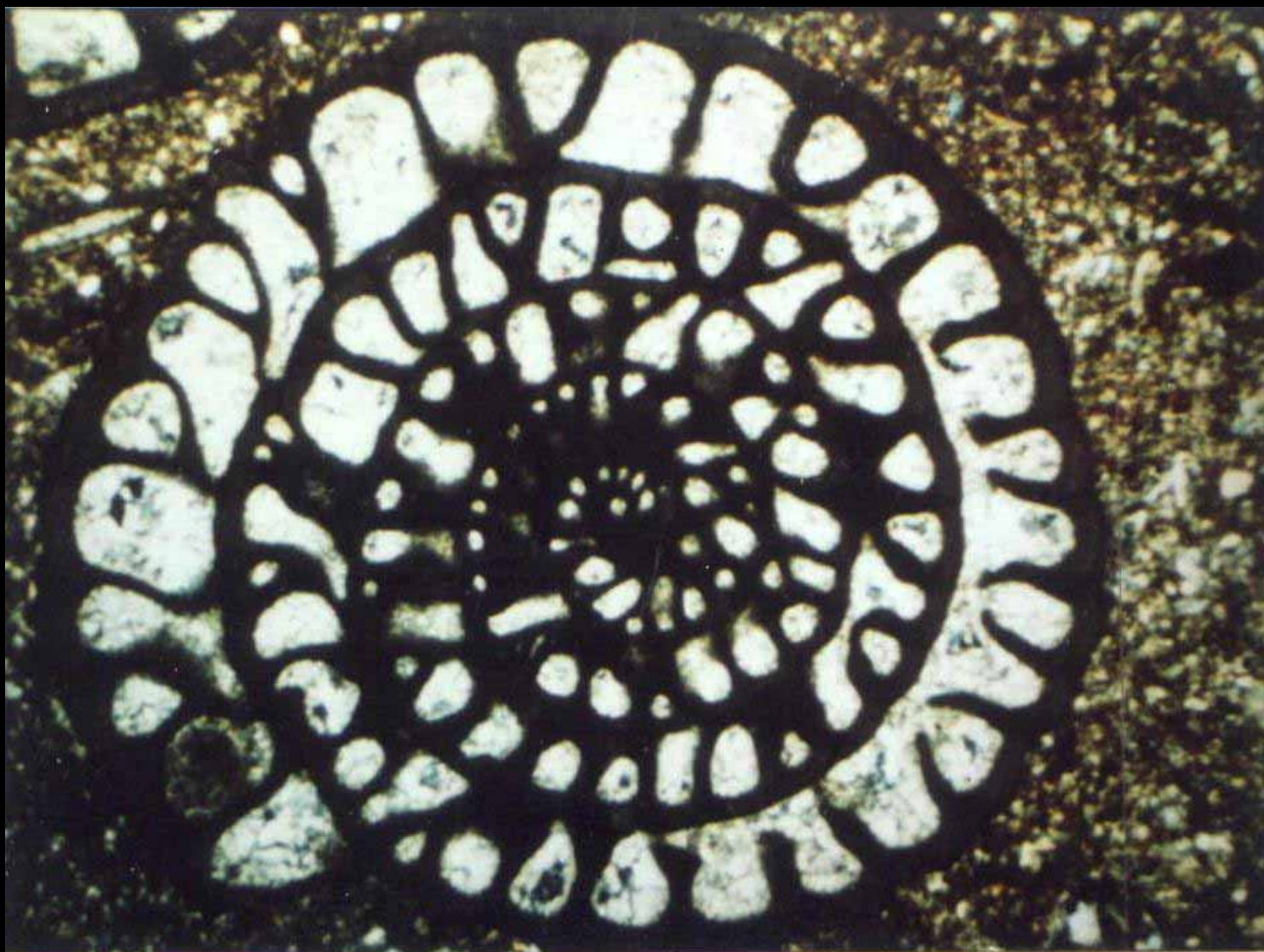


3.微粒结构

由 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ （或 $10 \mu\text{m}$ ）的碳酸盐颗粒组成。

光性杂乱、色稍浅、微透明。晶粒有时略有定向特征。

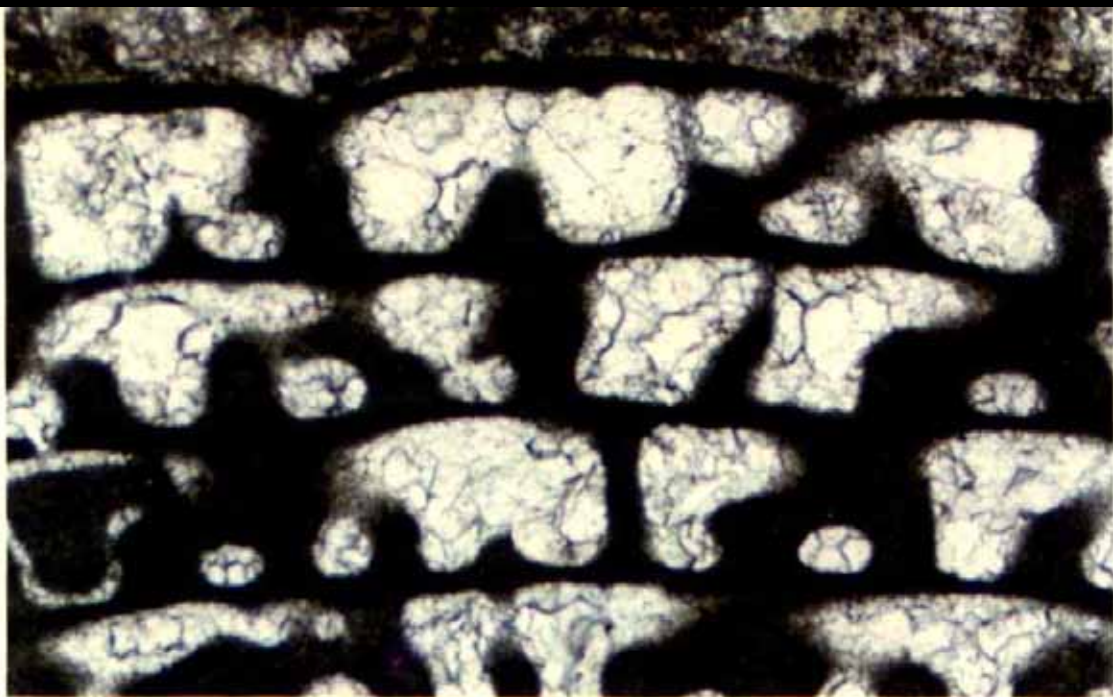
红藻的细胞壁、有孔虫内层、海绵体壁和骨针、古杯体壁等常具此种结构。



123. 蜓类碎片

纺锤蜓横切面。

微粒结构常与隐粒结构伴生，且不易区分，故可合为一类。



照片 III-1-【1】 隐粒结构、微粒结构

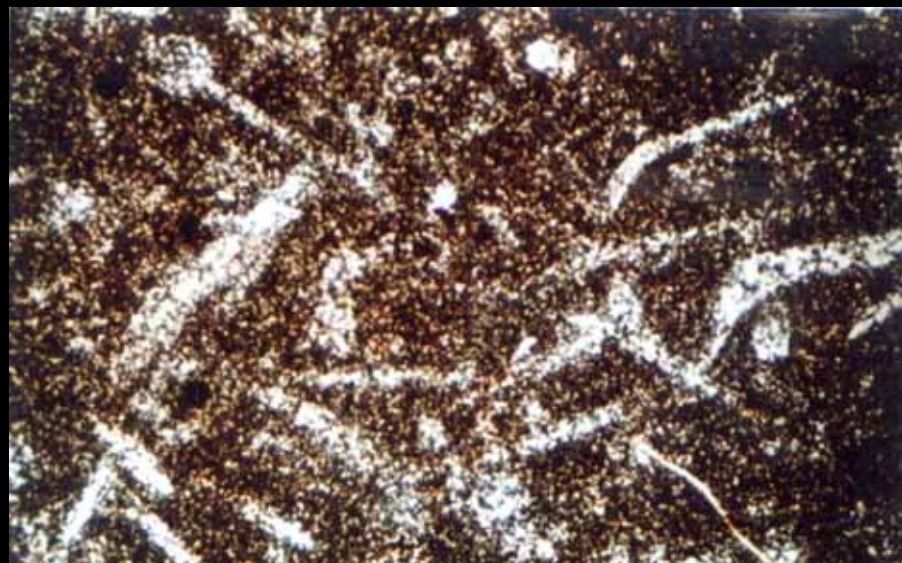
图为楔纵切面中部上方，有旋壁及其向内弯曲的隔壁，构成许多房室。旋壁和隔壁都有隐粒结构的致密层和微粒结构的内外疏松层。房室为亮晶方解石充填。

C-III-64 单偏光 照片长边长2mm

4.晶粒结构

由 $>5\ \mu\text{m}$ 的方解石晶体镶嵌组成，光性杂乱，薄片透明。

主要是经矿物晶格的转化作用或重结晶作用转变而来的。



5.单晶结构

由全部或局部为**一致消光**的单一隐粒晶体组成，有时可为双晶或3~5个连晶组成。

据X-射线分析，消光一致的大晶体实际上是由无数个光性方位一致（或两组小晶体光性方位互相垂直）的小晶体组成。这些晶体很小，以致于在一般显微镜下分辨不清。

单晶结构是棘皮动物骨板的特征。



单晶形状

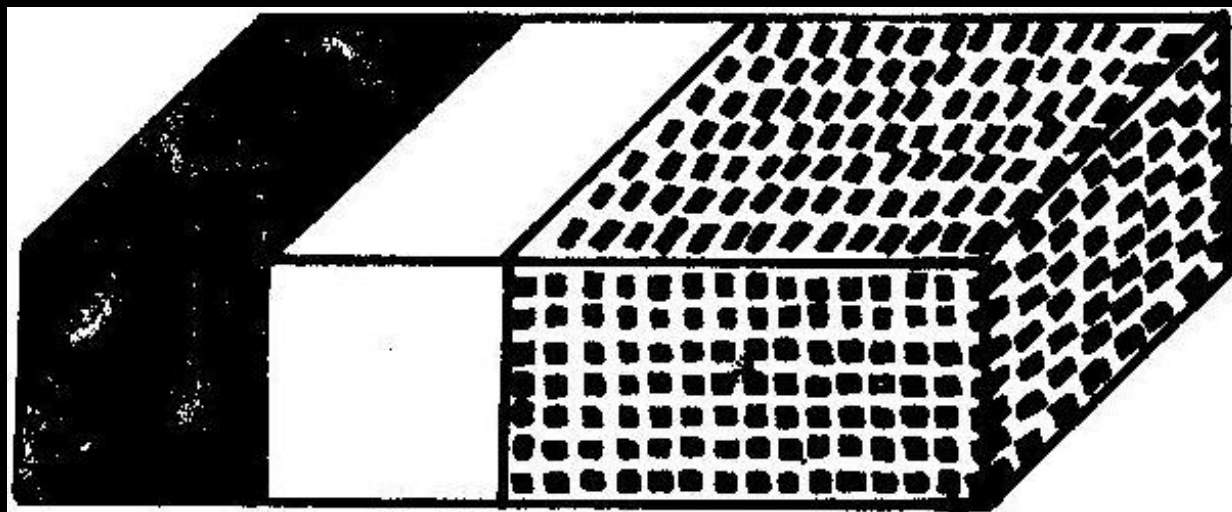
连生单晶

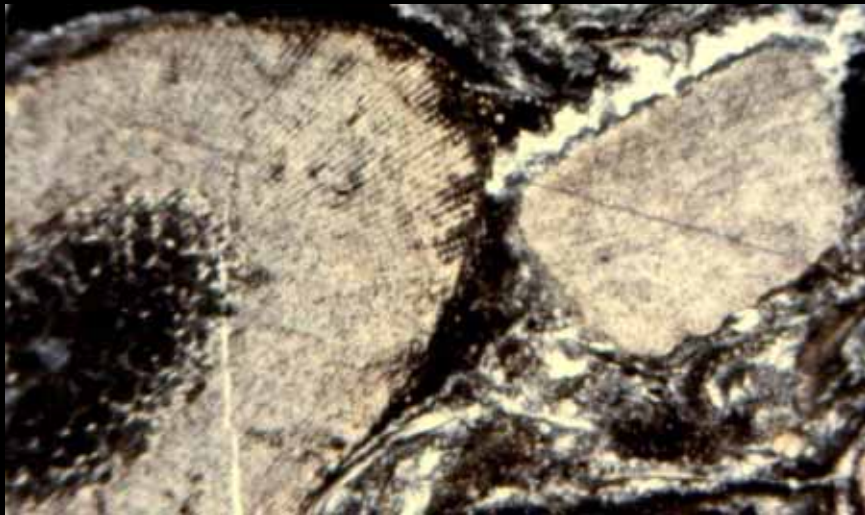
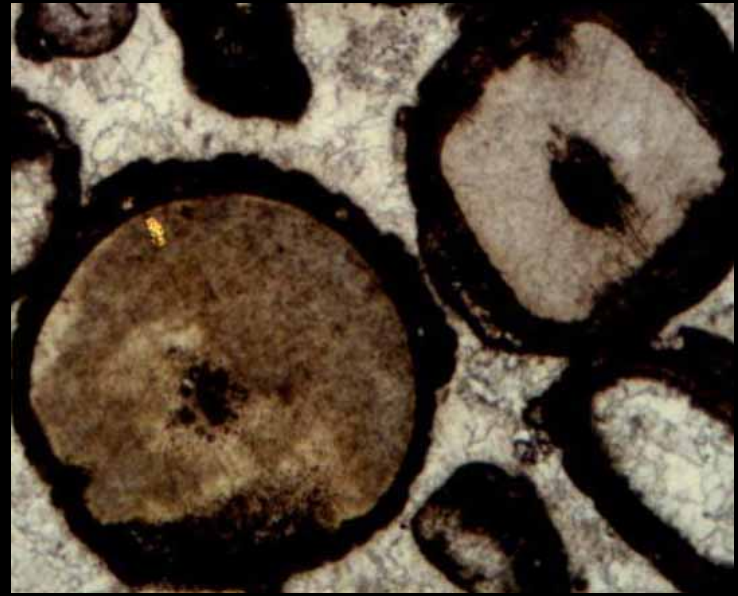
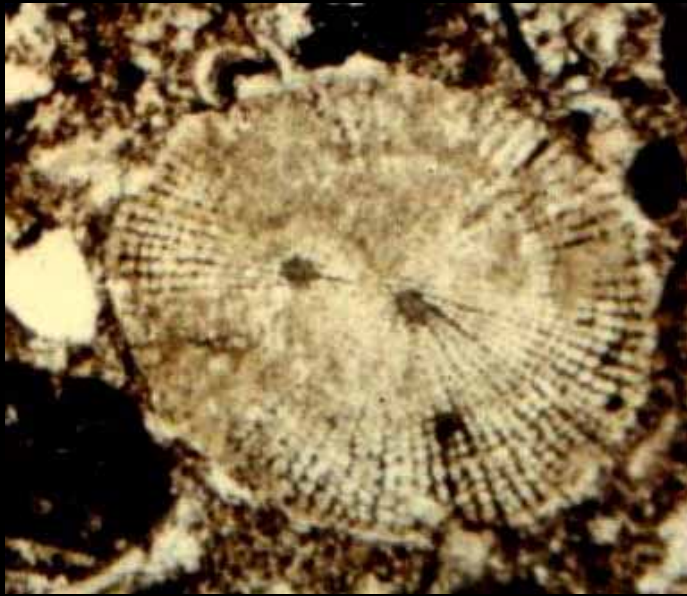
网格单晶

薄壁单晶

连生单晶结构

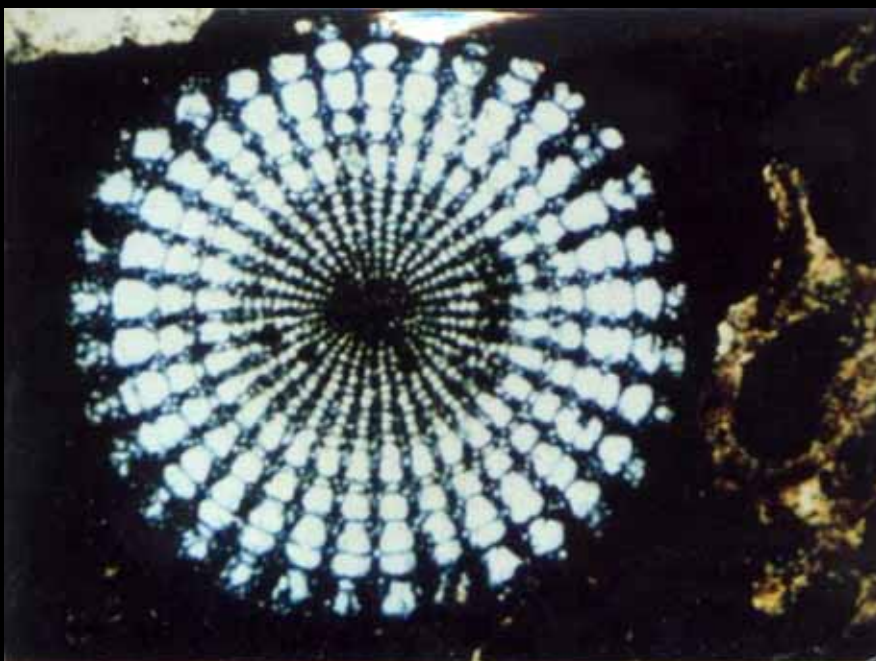
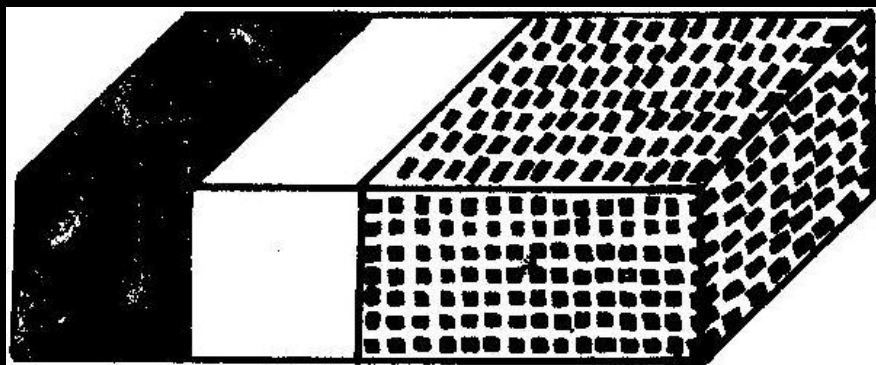
由单晶方解石组成，呈一致消光。有时可见解理纹，并在其边部常见有机质尘点。





海百合茎

网格单晶结构 为海胆类的主要特征。



165. 棘刺

棘刺动物壳的横切面具单晶结构和非常特征的花边状。

它与海百合不同的是其网格孔隙被**外来的单晶方解石充填**。原生方解石与后来充填于网孔的方解石C轴相互垂直，但本身分别一致消光。



薄壁单晶结构

方解石单晶的C轴平行于壁的丝的长轴（或生长方向），因而显平行消光。

仅见于窗格苔藓虫的间壁、中棱和翁格达藻丝体的细胞壁中。

(二) 纤状结构 (Fibrous texture)

由平行或放射状排列的单向延长的方解石 (或文石) 晶体组成。

光性轴C轴与纤 (柱) 状延长轴一致, 纤体多小于 $10\ \mu\text{m}$ 。

按生长基底的形态、生长方式和大小划分:

层 (正) 纤结构

柱 纤 结 构

球 纤 结 构

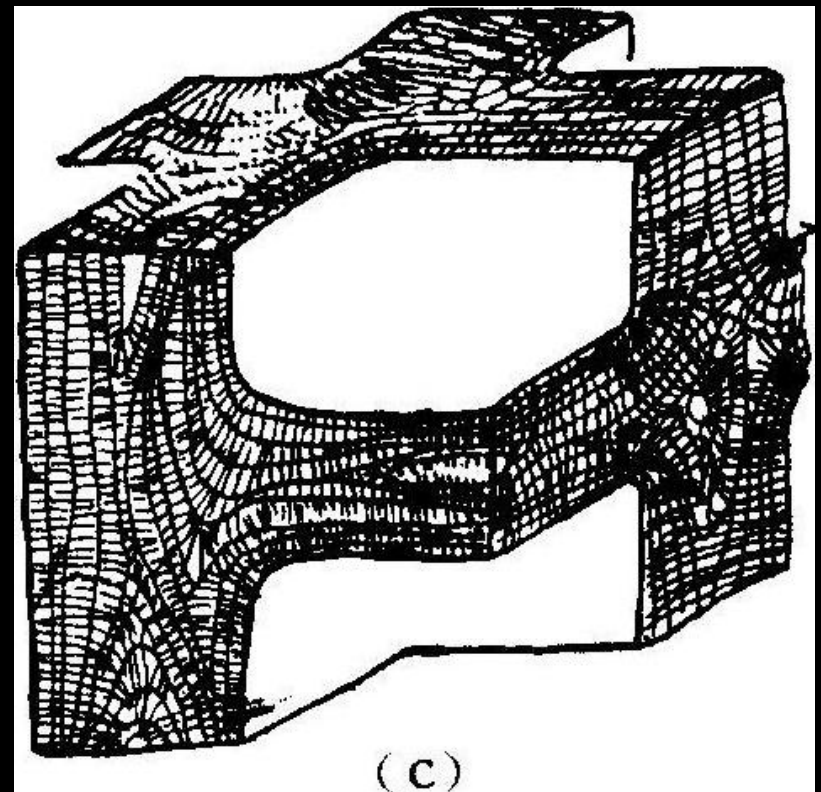
柱 层 纤 结 构

玻 纤 结 构

1.层（正）纤结构

纤体（文石、方解石）垂直基底面生长（少数斜交）。

其中单层者，称为**正纤**；纤体分阶段间歇生长形成多层的层状构造，称之为**层纤**。





照片 III-1-【9】 层纤结构
珊瑚隔壁为柱纤结构，鳞板下为微粒，上为层纤结构。
大34B3补3 单偏光 照片长边长7.5 mm



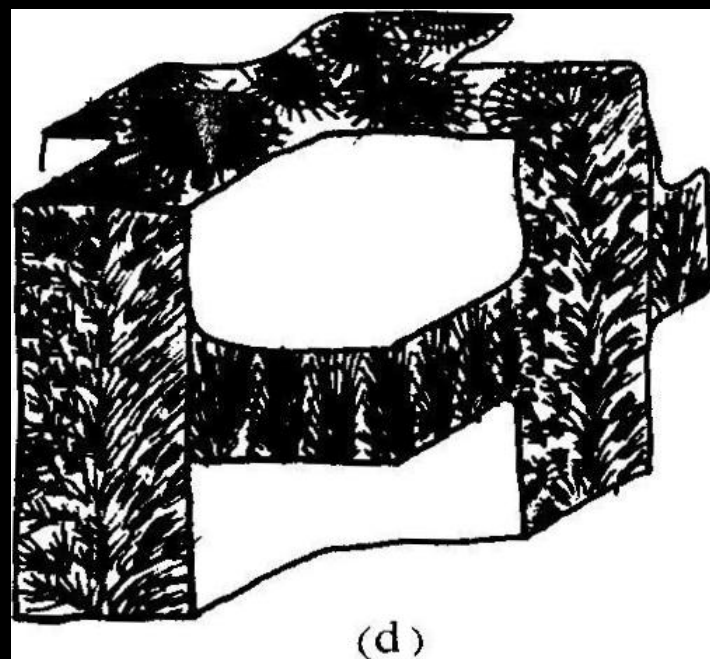
照片 III-1-【8】 层纤结构
图为珊瑚鳞板，它由隐粒层（黑色）和垂直向上生长纤体构成的层纤结构组成。内腔为亮晶方解石充填。
塔西南P1 单偏光 照片长边长2 mm

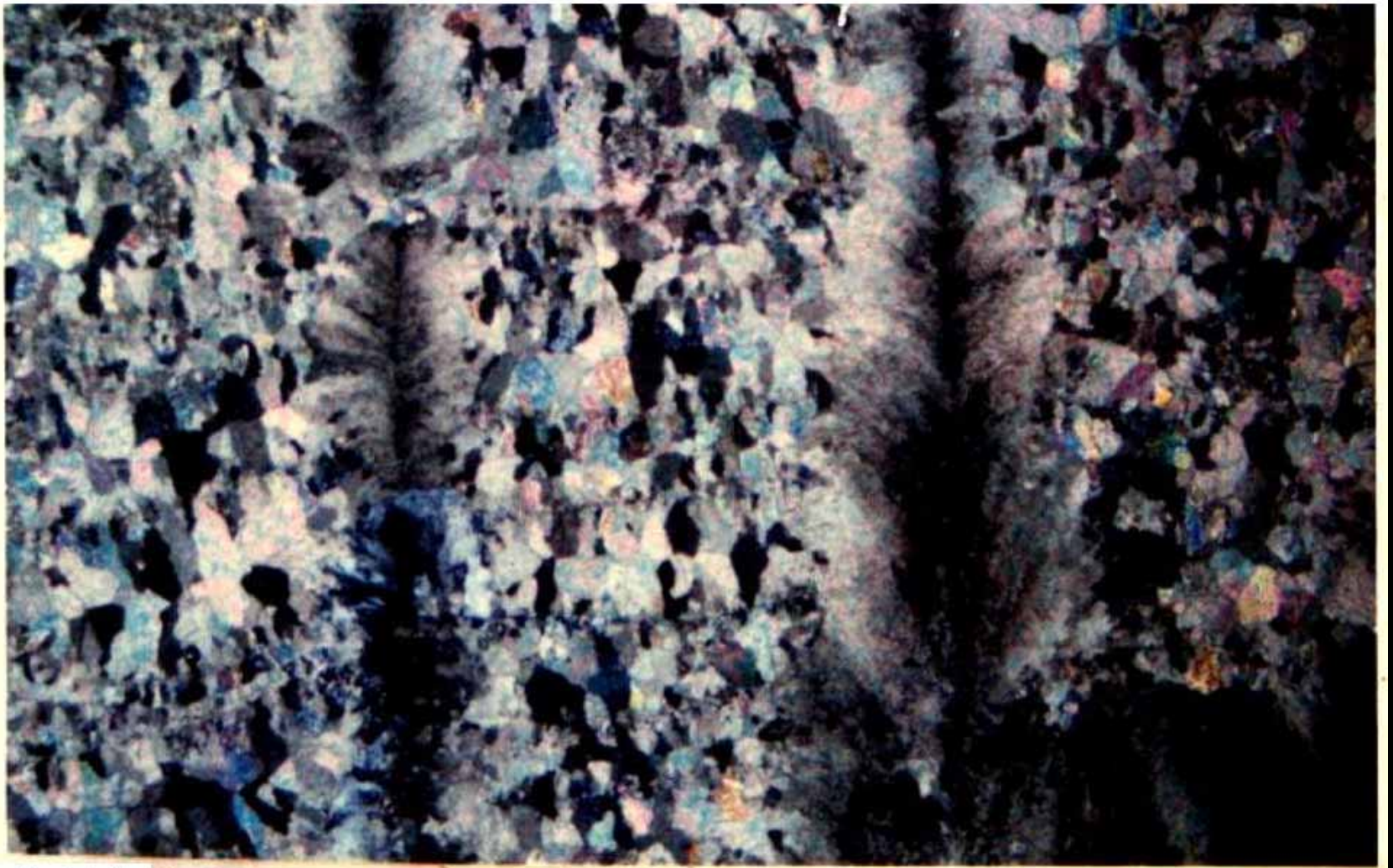
2.柱纤结构

纤体主要为文石，少数为方解石。

纤体沿基线向外向上生长并且与基线的交角逐渐增大，形成**束状或喷泉状**（少数呈斜交或垂直）。

柱纤结构之纵切面呈长条状，大致呈前进波状消失；横切面呈圆或多边形，十字消光。





柱纤结构

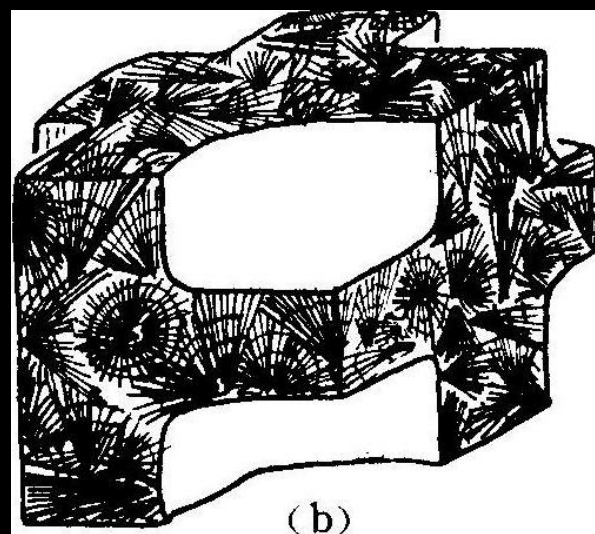
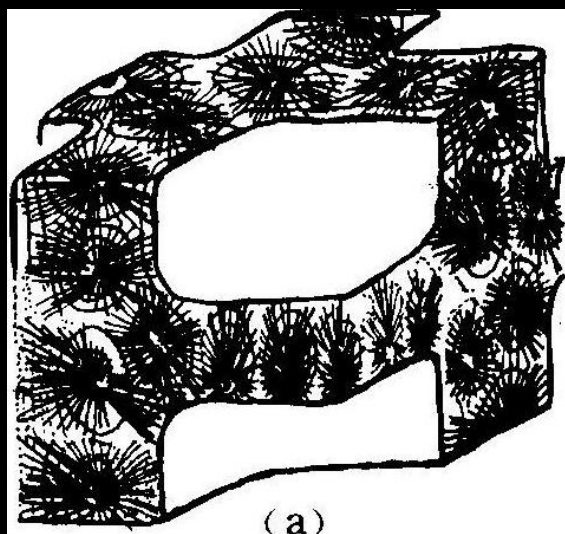
纤体沿生长基线向上向外生长，呈喷泉状、鸡毛弹状，图为珊瑚壁的柱纤结构，正交偏光，照片边长7.5cm

3.球纤结构

纤体由基点向周围**放射状**生长并相互嵌结。

全球纤的任何断面均为圆形且为放射状十字消光；

锥球纤则只有横断面为圆、呈放射状十字消光，而纵断面呈扇形、显波状消光。



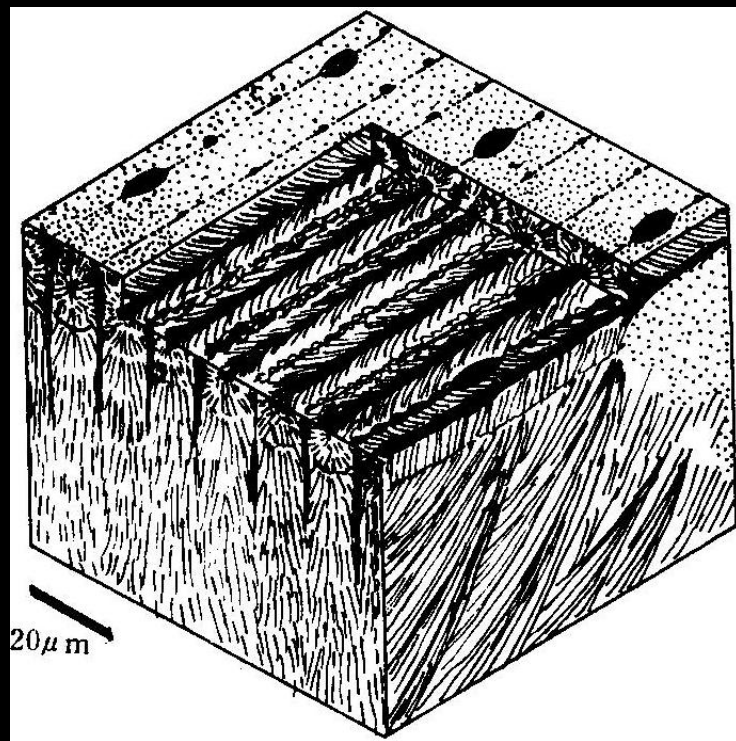
4. 柱层纤结构

纤体呈周期性向一个方向辐射生长，因而产生纤层，并叠积成柱状。

与柱纤不同的是有生长层纹，与层纤不同的是弯曲度很大，有辐射纹。

在正交偏光下，纵切面呈放射状波状消光，横切面呈十字消光。

柱层纤结构常见于头足类、瓣鳃类和腹足类的外层，介形虫主壳层也可见到

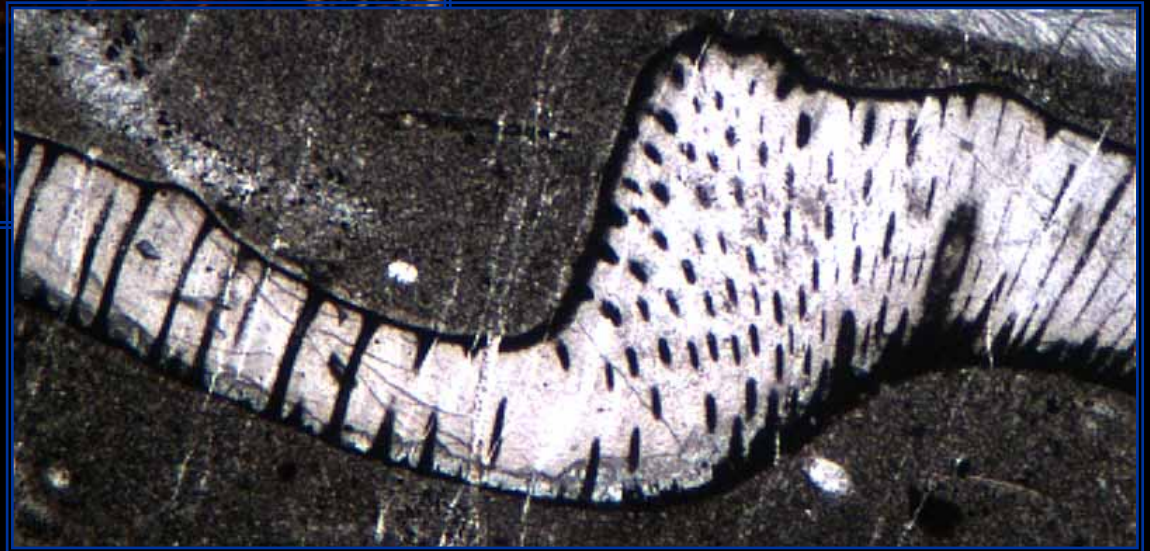


5. 玻纤结构

纤体垂直基面生长，宽 $<0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ ，随壳面的平直或弯曲而作平行或放射状排列。

在单偏光镜下透明，有时因富含有机质而呈浅棕黄色；在正交镜下，呈均匀的波状消光。

玻纤结构是节肢动物三叶虫和大部分甲壳纲（包括介形虫亚纲）钙壳的主要特征。



(三) 片状结构 (Sheetlike texture)

指由两向延长、厚度 $<1\sim 2\mu\text{m}$ 、近于平行的片状方解石或文石晶体堆叠而成的结构。

常见于苔藓、腕足、软体动物。

按叠加方式划分

平行片状结构

倾斜片状结构

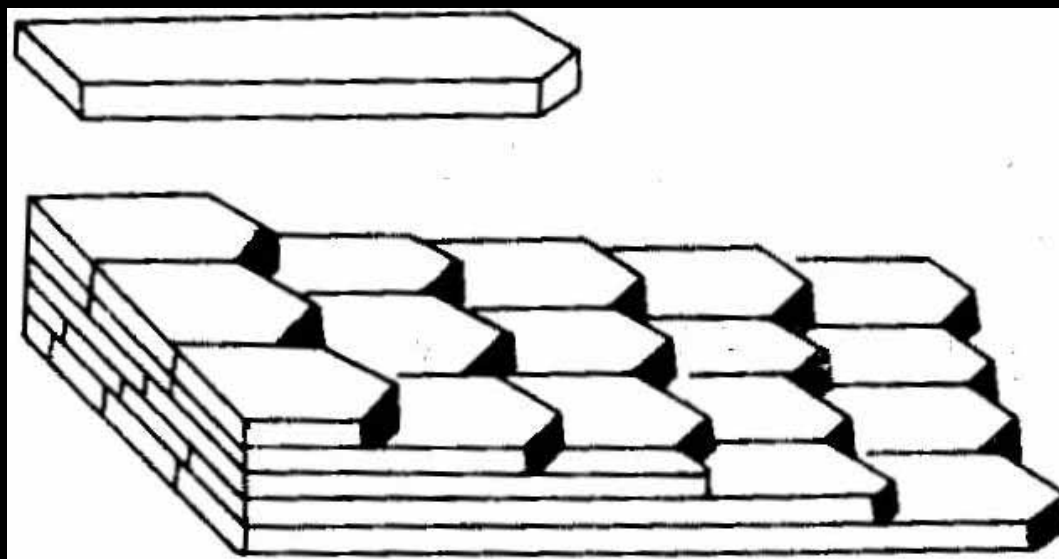
交错片状结构

复杂交错片状结构

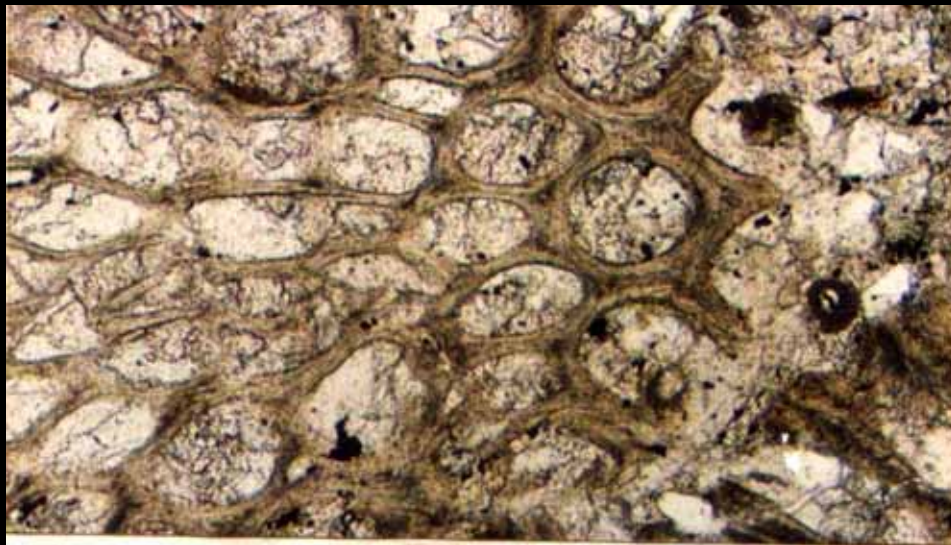
珍珠结构

1. 平行片状结构

由 $<1\ \mu\text{m}$ 厚的片状方解石（或文石）晶体与壳面平行叠积而成。



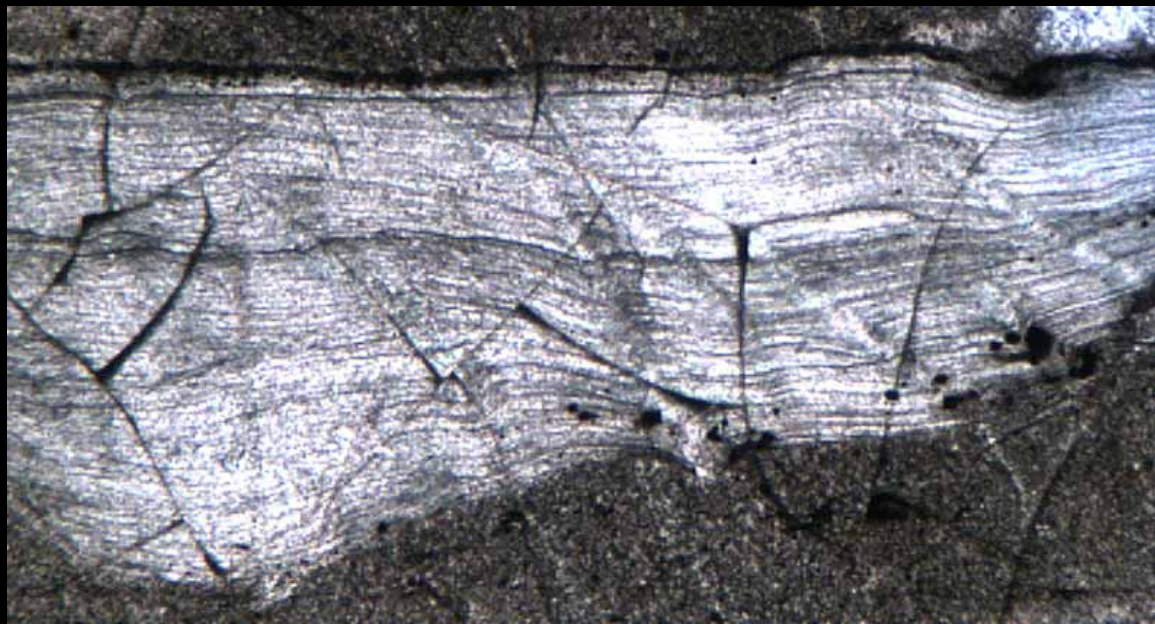
常见于苔藓虫、腕足、龙介和锥壳钢中（竹节石）。



照片 III-2-【6】-(1) 苔藓虫
 图为苔藓虫纵切面（图中心）、横切面（右上方右下方），其它为斜切面。
 塔西南P1 单偏光 照片长边长7.5 mm



照片 III-2-【7】-(2) 具壳褶的腕足
 图中心为腕足壳的切面，具放射褶，钙壳为平行片状结构。
 西北杨家坪O1-244-B6 单偏光 照片长边长7.5 mm

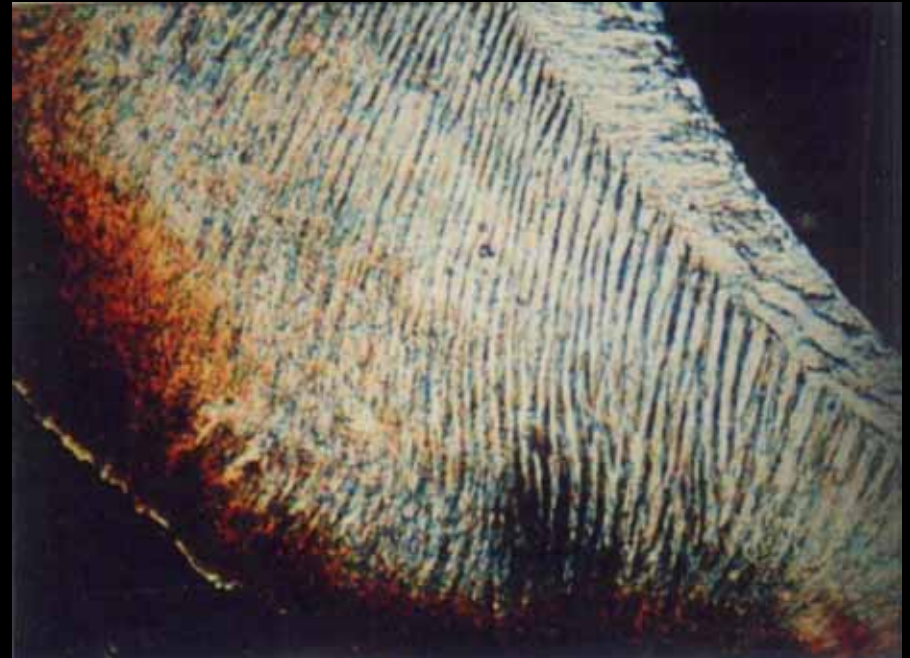


2. 倾斜片状结构

由 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 厚的方解石（或文石）小片同向倾斜叠积而成。

小片左右相连组成的片层与壳面或骨骼表面斜交，倾斜的方向与生长方向一致。

在单偏光镜下，
层片色浅、稀疏、弯曲不规则，延伸较短。

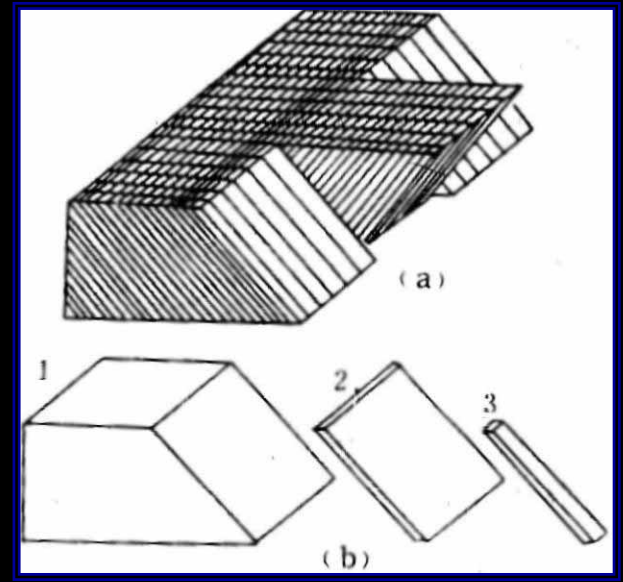


3. 交错片状结构

层片呈板状或楔状，厚 $4 \sim 40 \mu\text{m}$ ，由光轴一致的多个文石小片平行叠积而成，并构成独立的消光单位，而文石小片体又是由许多文石针或小片条平行排列叠积组成。

但在相邻的两个楔体或板状体中，层片的倾斜方向相反，彼此交错叠积。

仅见于现代的软体动物中，而在化石中多已转化成晶粒结构。





4.复杂交错片状结构

层片形状不规则，无一定规则界线。

组成层片的小片条光性方位不一致，同一楔体（或板状体）的层片也显示出交错性。

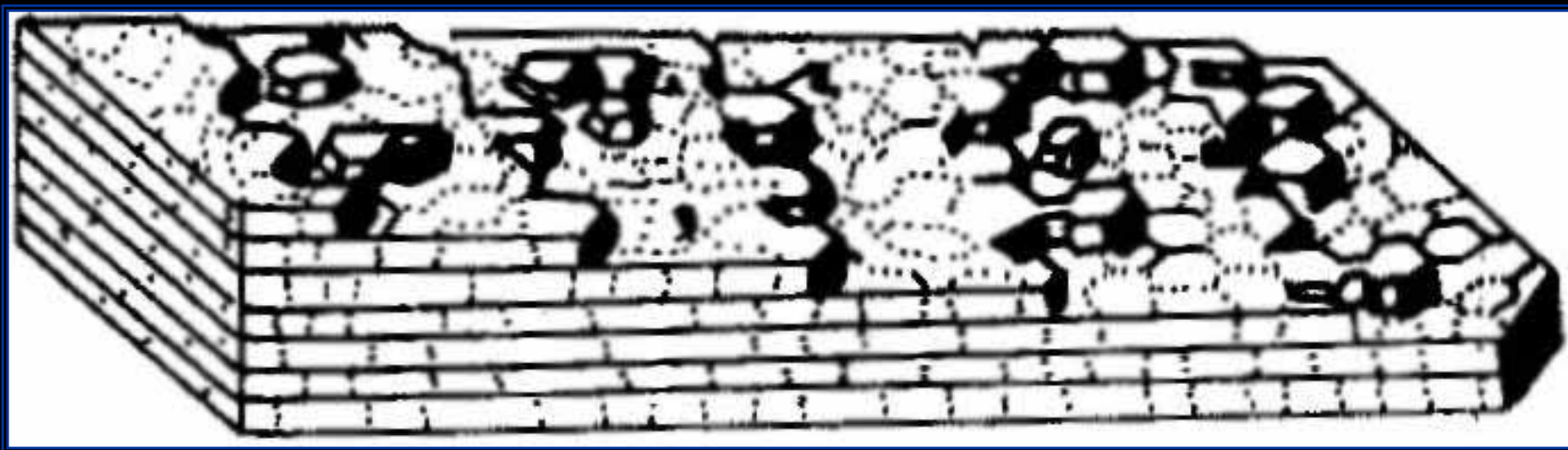
在正交偏光镜下，任一切面的任何部分均显示不规则消光。

在化石中易转化为晶粒结构。

5.珍珠结构

珍珠片厚 $0.3 \sim 1 \mu\text{m}$ ，宽 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ ，单片呈六边形、圆形或椭圆形，在生长过程中逐渐扩大，联成一片。

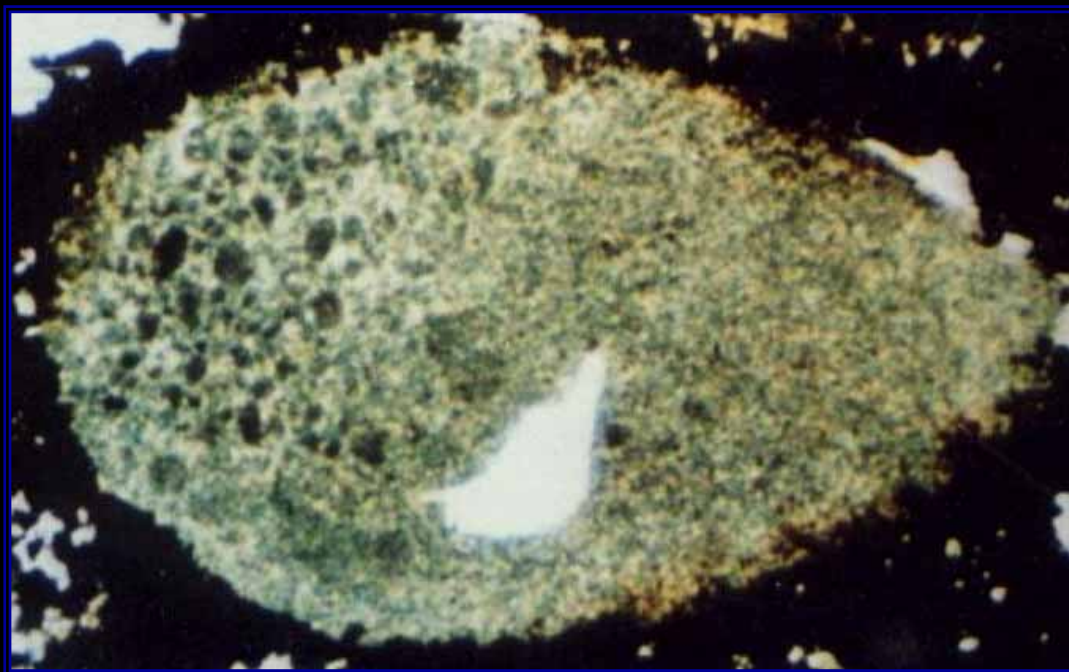
珍珠片由文石针垂直片面对排列而成，其C轴与片垂直。



珍珠层在单偏光下透明均匀，在正交偏光下呈大面积的一致消光。

为现代高级软体动物的主要特征，常见于头足类的主壳层和某些现代瓣鳃类、腹足类的中层和内层。

牡蛎
碎片



(四) 柱状结构 (Columnar texture)

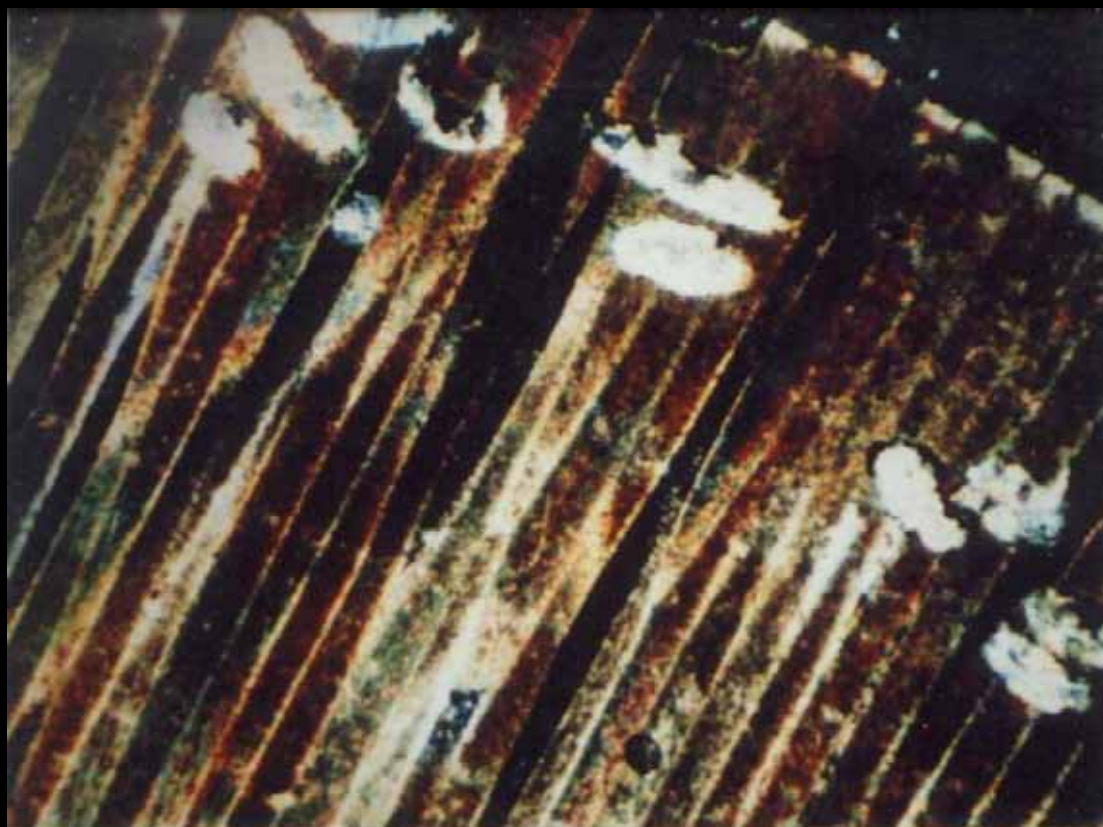
多为方解石 (有时为文石) 所形成。

柱体较宽, 短轴宽大于 $5\ \mu\text{m}$, 延长度则远较纤状结构中的纤体为小。

柱体长轴垂直或倾斜于壳面, 每个柱体是一个单独的消光单位。柱体间界线规则或不规则。柱体横断面为正方形或多边形。

一些软体类 (腹足、瓣鳃) 和一些腕足类的壳体外层可见柱状结构。

在纵切面上，可见到明显的互相平行的垂直壳面的柱体，在横切面上，则近似晶粒结构。



149. 腹足类碎片

腹足类棱柱结构的叠瓦哈壳。

归纳分类：

原生结构

粒状结构（除晶粒结构外）

纤、柱、片状结构

次生结构

晶粒结构

各种钙质化石原生显微结构存在低级到高级的演化：粒状 纤（柱）状 片状 单晶结构



三、碳酸盐岩中常见生物门类骨骼鉴定特征

(一) 钙质藻类

蓝藻门

绿藻门

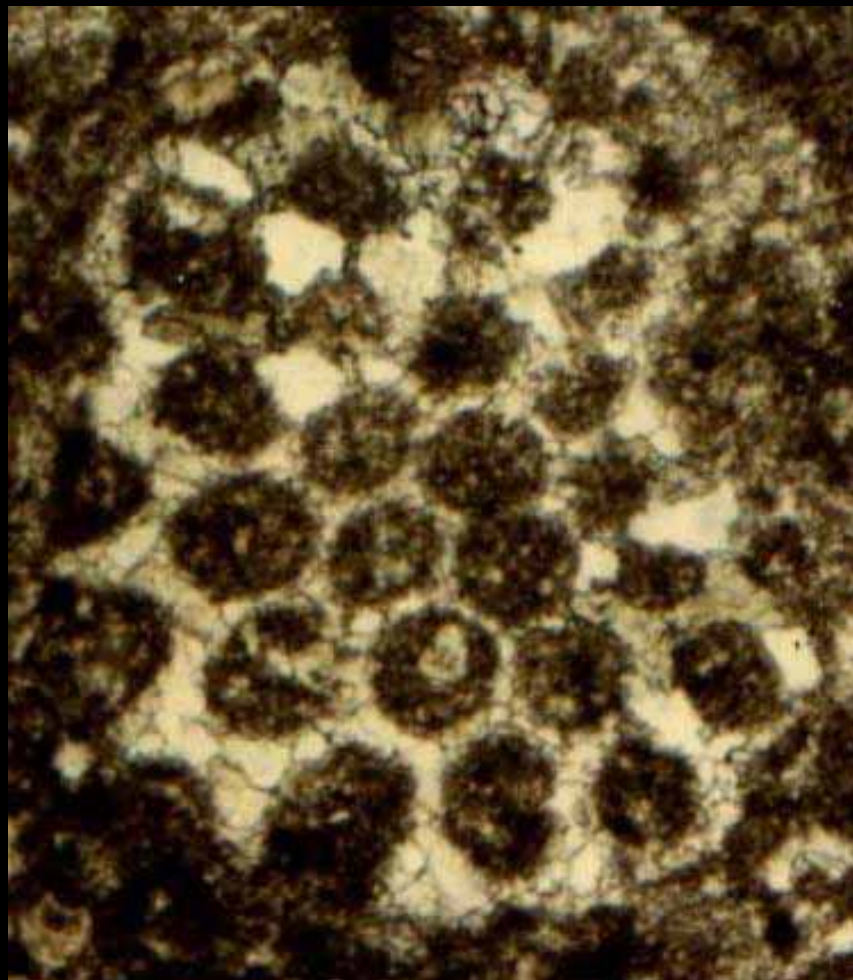
红藻门

金藻门

轮藻门

绿藻门 { 粗枝藻科
松藻科

粗枝藻



照片 III-2-【1】-(6) 松藻
图中心三个长条状为松藻纵切面切片的碎片，具晶粒结构，丝体孔灰质充填。
C-III-50 单偏光 照片长边长7.5 mm

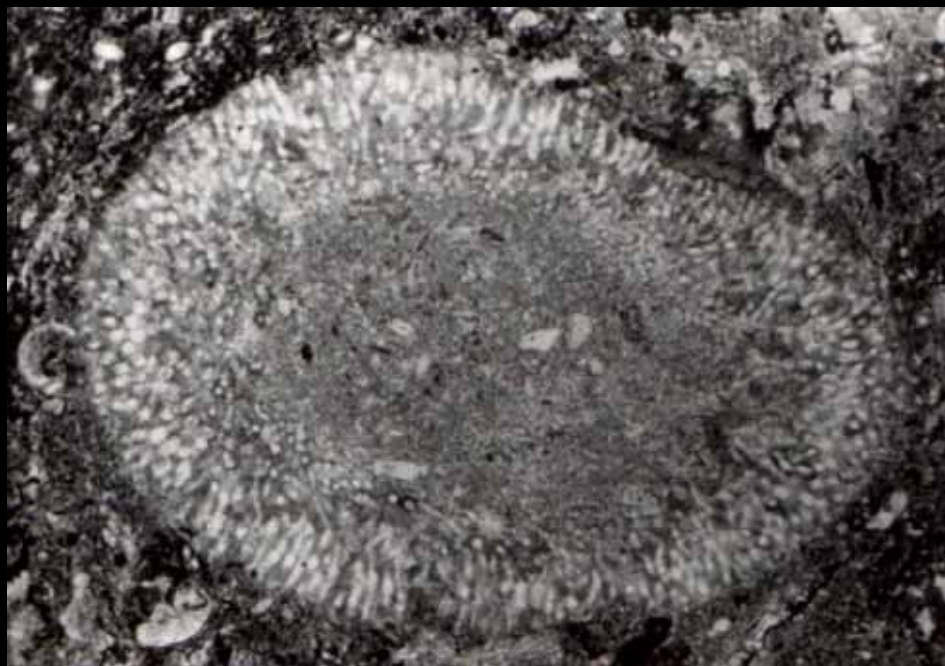
红藻门

裸松藻科

珊瑚藻科

管孔藻科

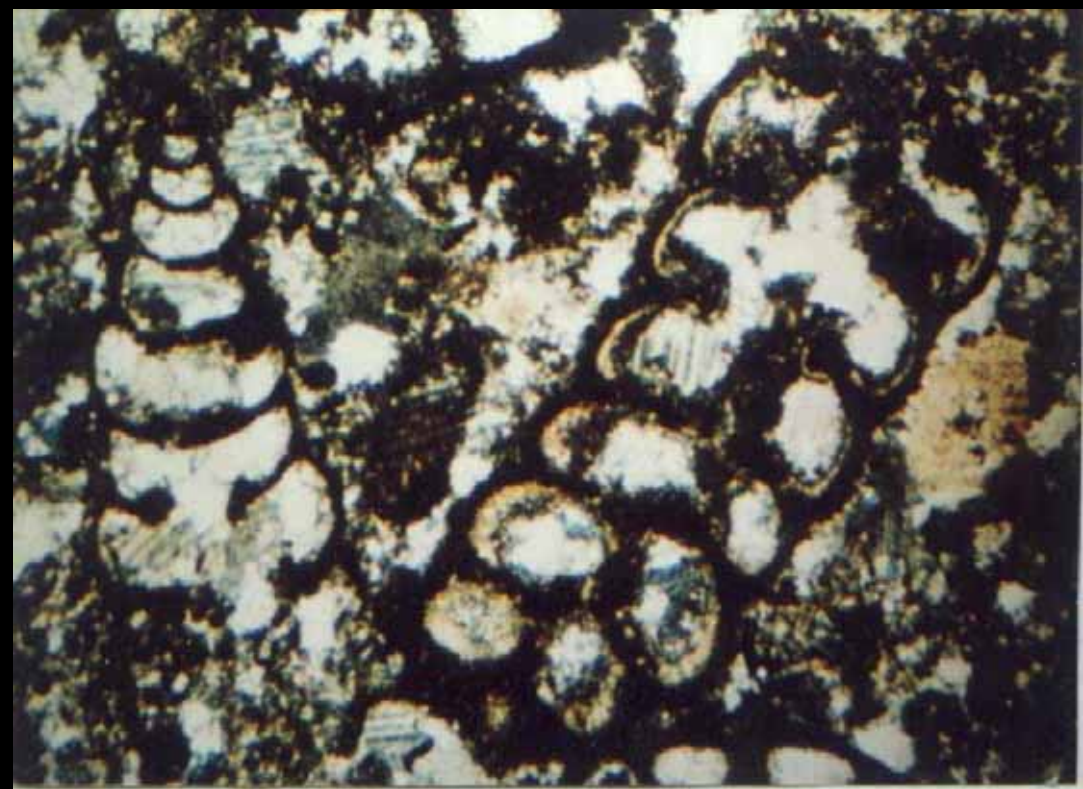
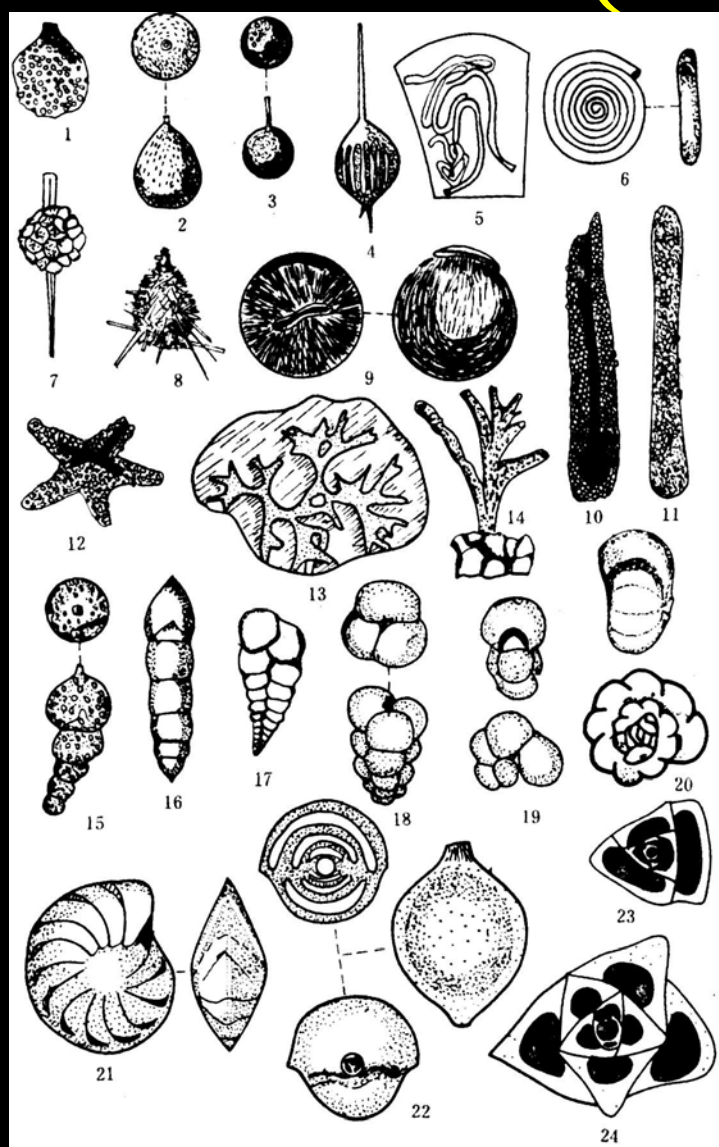
翁格达藻科



(二) 原生动物门

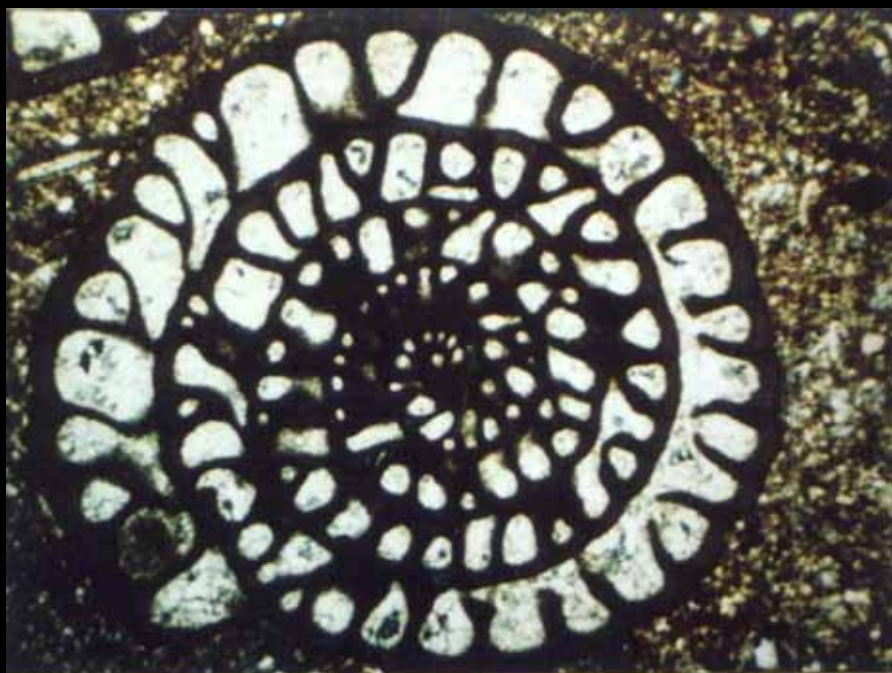
有孔虫

蛭 类

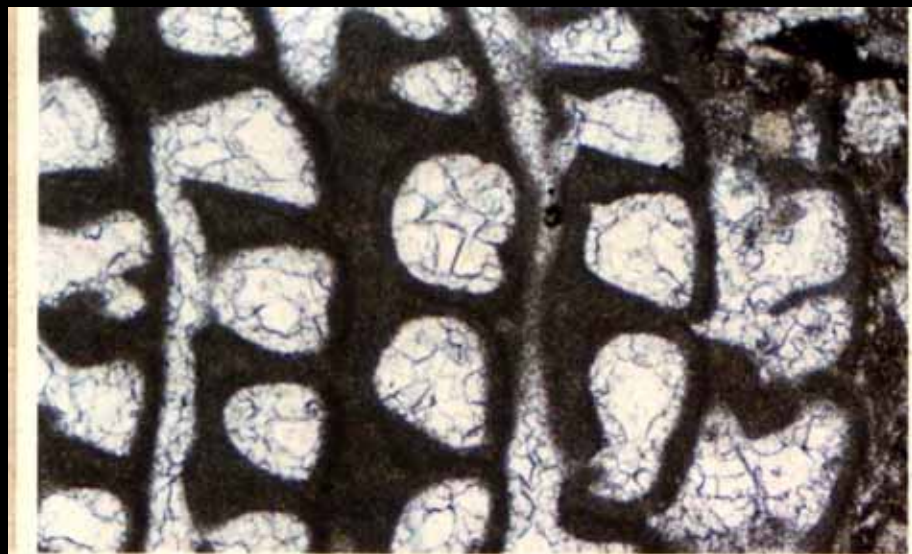
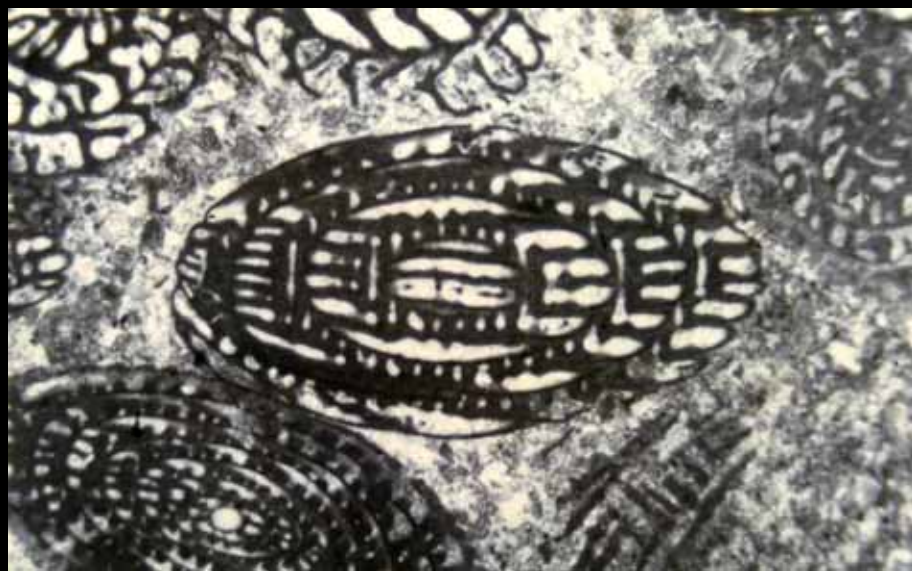


126. 有孔虫碎片
单列和双列有孔虫的切面。

有孔虫的各种形态



123. 蜓壳碎片
竹笋螺横切面。



照片 III-2-【2】-(7) 蜓的旋壁，隔壁结构

图为蜓的纵切面长轴的两端之一，由旋壁和旋壁向内弯曲的隔壁，并由此二者排列形成房室，旋壁、隔壁都有隐粒结构方解石组成致密层和由微粒结构组成内外疏松层，房室为亮晶方解石充填。

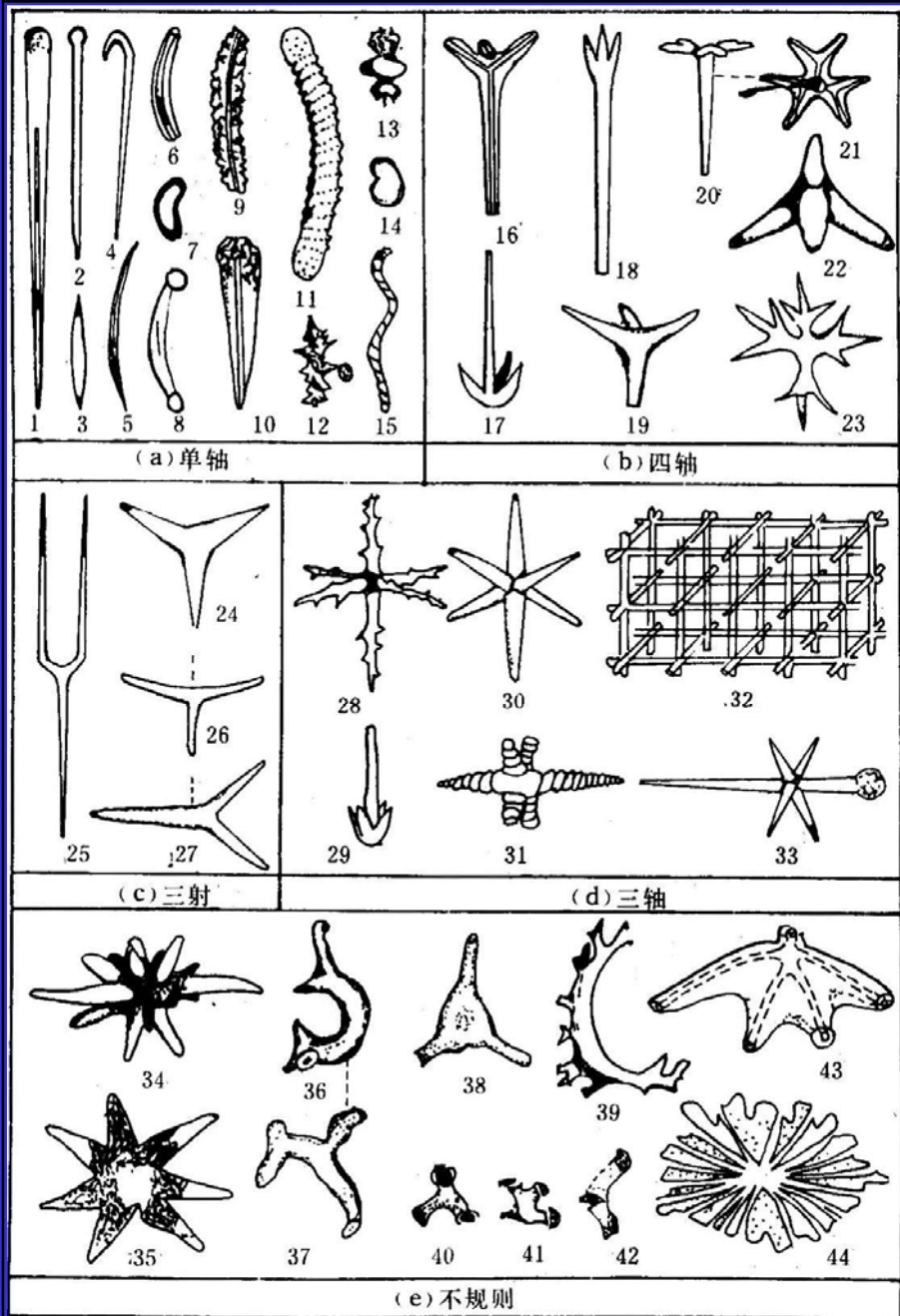
C-III-64 单偏光 照片长边长 2 mm

(三) 海绵动物门



C-III-52, 海绵, 单偏光。

海绵体壁晶粒结构，水管为泥晶或亮晶方解石充填



海绵骨针

海绵骨针的各种形态



(四) 腔肠动物门

珊瑚纲

水螅纲

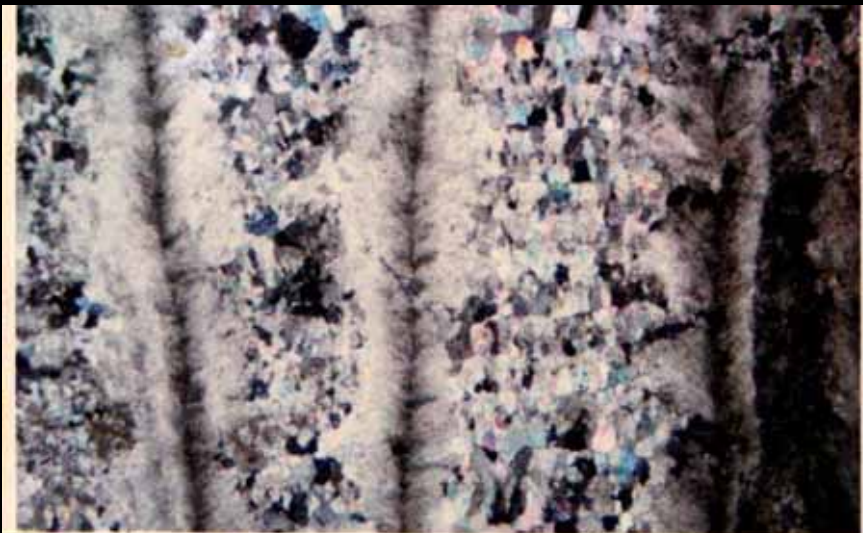




照片 III-2-【5】-(2) 珊瑚

图为珊瑚横切面，中心为中柱，外圈由放射状为隔壁和鳞板组成蛛网状，骨骼具正纤层纤结构，体腔为亮晶充填。

C-III-5 2 单偏光 珊瑚直径 8 mm



照片 III-2-【5】-(4) 珊瑚隔壁

图为具柱纤结构的珊瑚隔壁。此为照片 III-2-【5】-(3) 的正交偏光。

C-III-3 4 正交偏光 照片长边长 7.5 mm



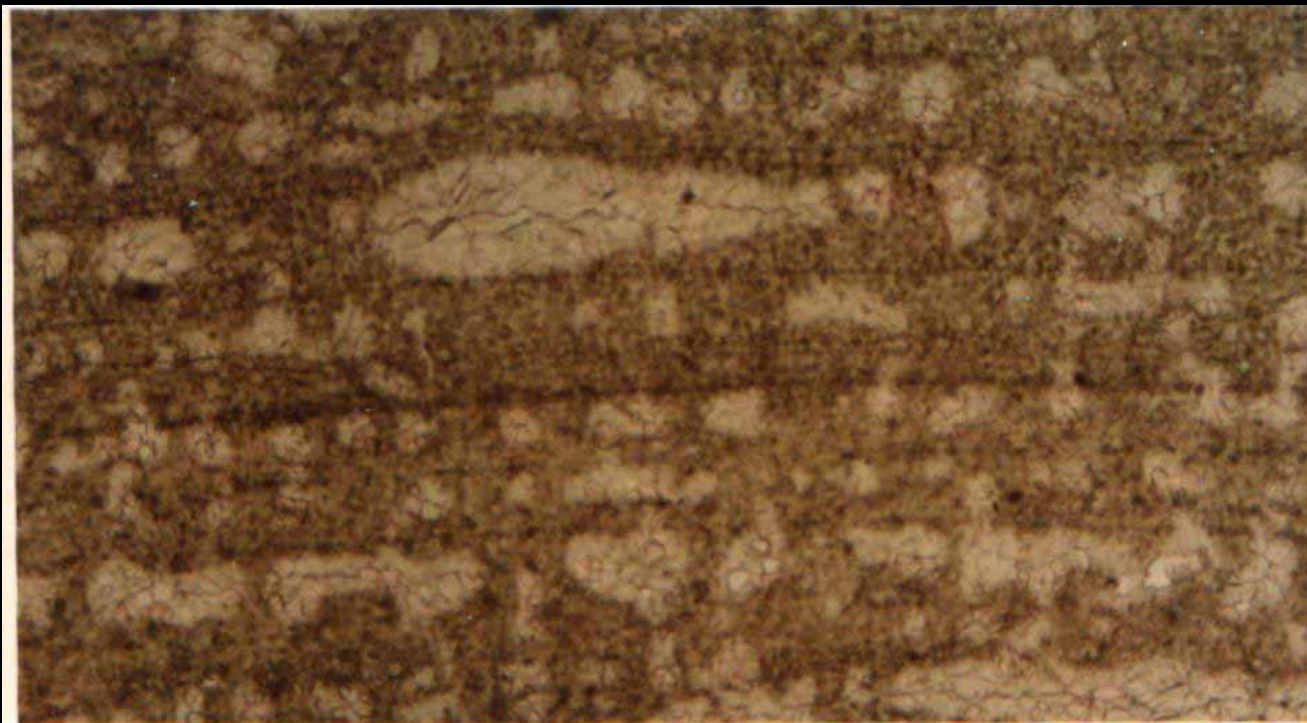
照片 III-2-【5】-(3) 珊瑚

图中垂向为珊瑚隔壁，由柱纤组成，横向为珊瑚横板，由层纤组成，房室为亮晶方解石充填。

C-III-3 4 单偏光 照片长边长 7.5 mm



水螅纲层孔虫目

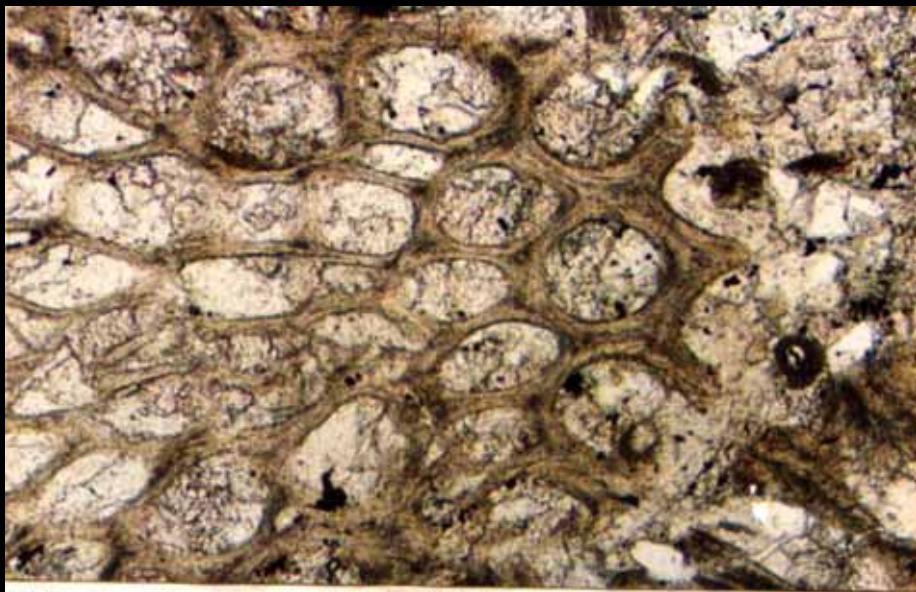


照片 III-2-【5】-(1) 层孔虫

层孔虫个体粗大，群体宽2 M，厚1 M，骨骼由无数水平排列灰质层（具微粒结构和层纤结构）和垂直灰质柱（具柱纤结构）组成网格，柱廊亮晶方解石充填。

单偏光 照片长边长7.5 mm

(五) 苔藓动物门



照片 III-2-【6】-(1) 苔藓虫
图为苔藓虫纵切面(图中心)、横切面(右上方右下方), 其它为斜切面。
塔西南P1 单偏光 照片长边长7.5 mm

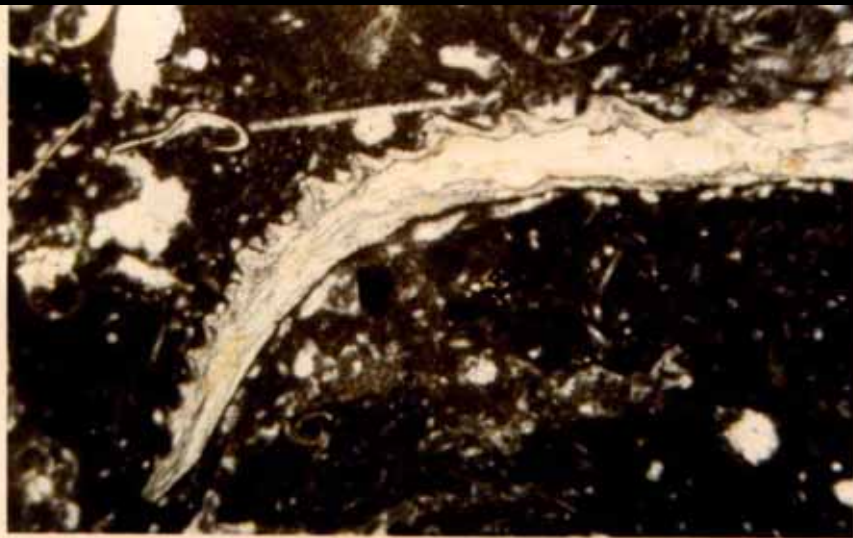


照片 III-2-【6】-(2) 苔藓虫
图为照片1放大, 虫室壁为平行片结构, 虫室为亮晶方解石充填。
塔西南P1 单偏光 照片长边长2 mm

(六) 腕足动物门

无铰纲

有铰纲



照片 III-2-【7】-(1) 腕足类
 图为具壳褶的腕足钙壳，具平行片状结构，左上方弯钩状为玻纤结构三叶虫。
 宜昌黄花场O1h 单偏光 照片长边长7.5 mm



照片 III-2-【7】-(2) 具壳褶的腕足
 图中心为腕足壳的切面，具放射褶，钙壳为平行片状结构。
 湘西北杨家坪O1-244-B6 单偏光 照片长边长7.5 mm



(七) 软体动物门

软舌螺纲

竹节石纲

腹足纲

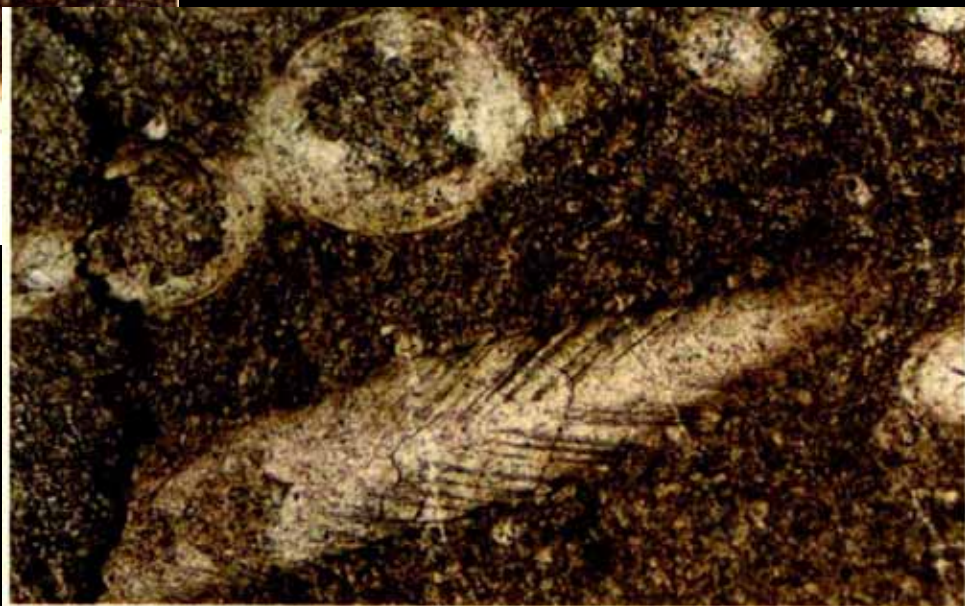
瓣鳃纲

头足纲

竹节石纲



照片 III-2-【8】-(1) 竹节石
此为纵向、横向切面，为玻纤结构。
C-III-92 单偏光 照片长边长 5 mm

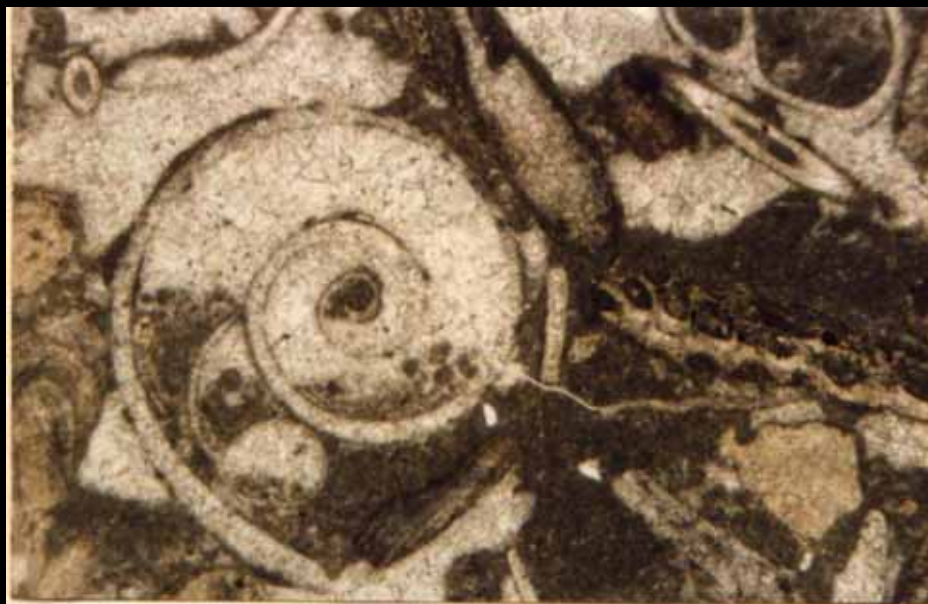


照片 III-2-【8】-(2) 竹节石
图中长条者为竹节石纵切面，圆形为竹节石横切面，壳薄，管内亮晶方解石充填。
C-III-92 单偏光 照片长边长 2 mm



152. 腹足类碎片

高螺塔腹足类纵切面,原生文石壳已转化为方解石,内部微细构造已消失。



照片 III-2-【8】-(4) 腹足类、苔藓虫

图左侧和右上方为晶粒结构腹足类横切面、斜切面,体腔内由灰泥和亮晶方解石充填显示底构造。右侧为苔藓虫纵切面的碎屑。
塔西南P1 单偏光 照片长边长7.5mm

(八) 节肢动物门

三叶虫纲

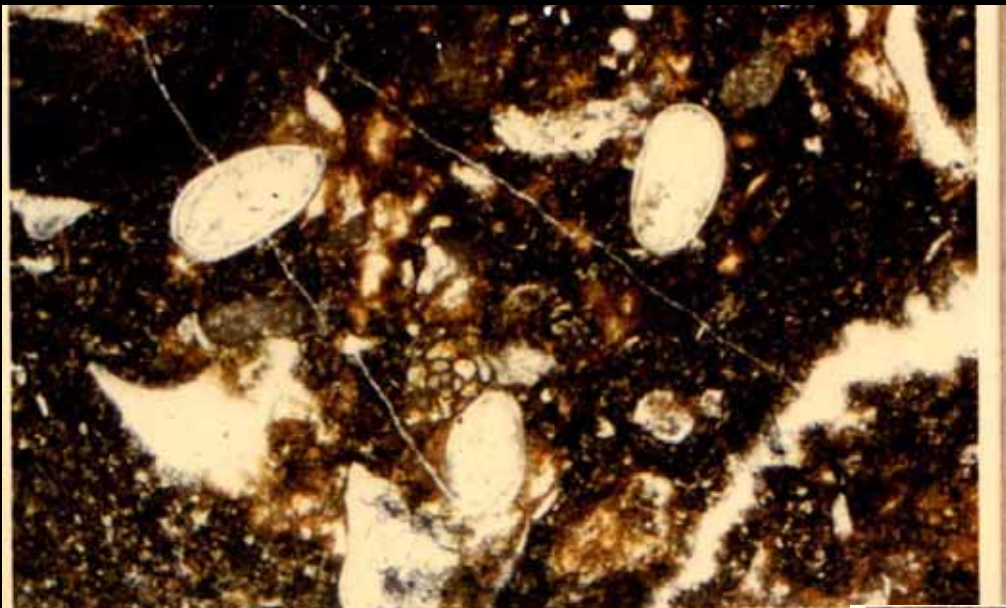
甲壳纲



照片 III-2-【9】-(3) 三叶虫
图为三叶虫轴胸节纵切面，呈弯钩状，具玻纤结构。
湘西北杨家坪O1-244-B4 单偏光 照片长边长5mm



照片 III-2-【9】-(1) 树皮状三叶虫
图中弯钩状为三叶虫，具树皮特征，玻纤结构。
正交偏光 照片长边长7.5mm



照片 III-2-【9】-(5) 介形虫
图中三个椭圆形者为完整介形虫，壳薄具玻纤结构，体腔充填。
中59-B74 单偏光 照片长边长7.5 mm

甲壳纲介形虫亚纲

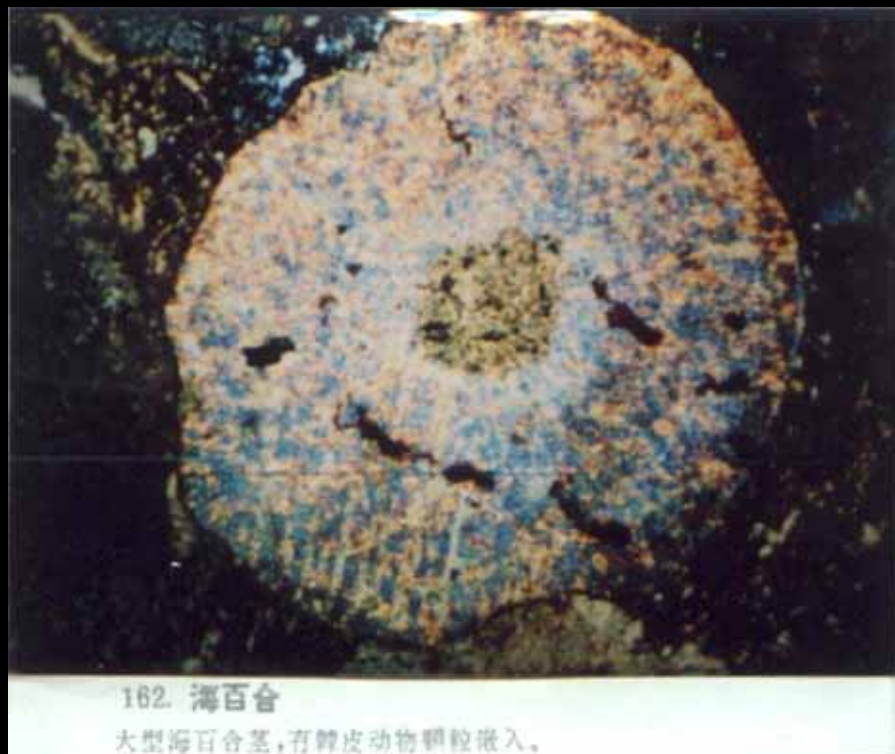


照片 III-2-【9】-(6) 介形虫
图为介形虫的碎片，壳薄，玻纤结构。
C-III-82 单偏光 照片长边长7.5 mm

(九) 棘皮动物门

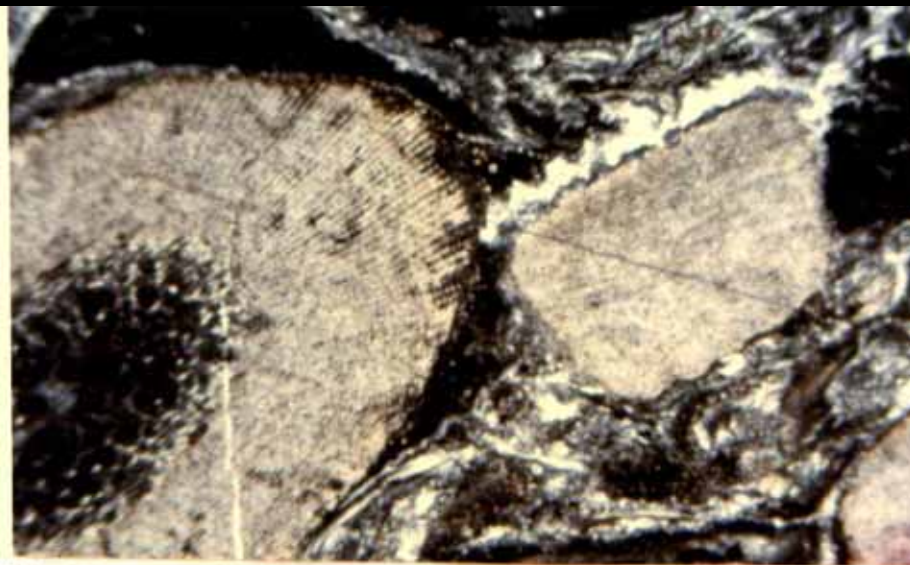
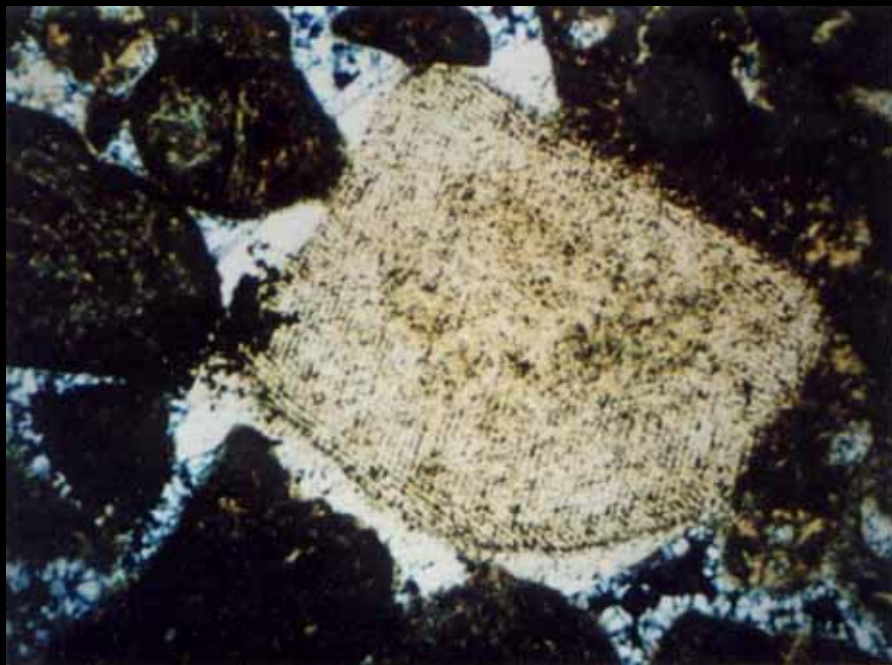
海百合纲

海胆纲

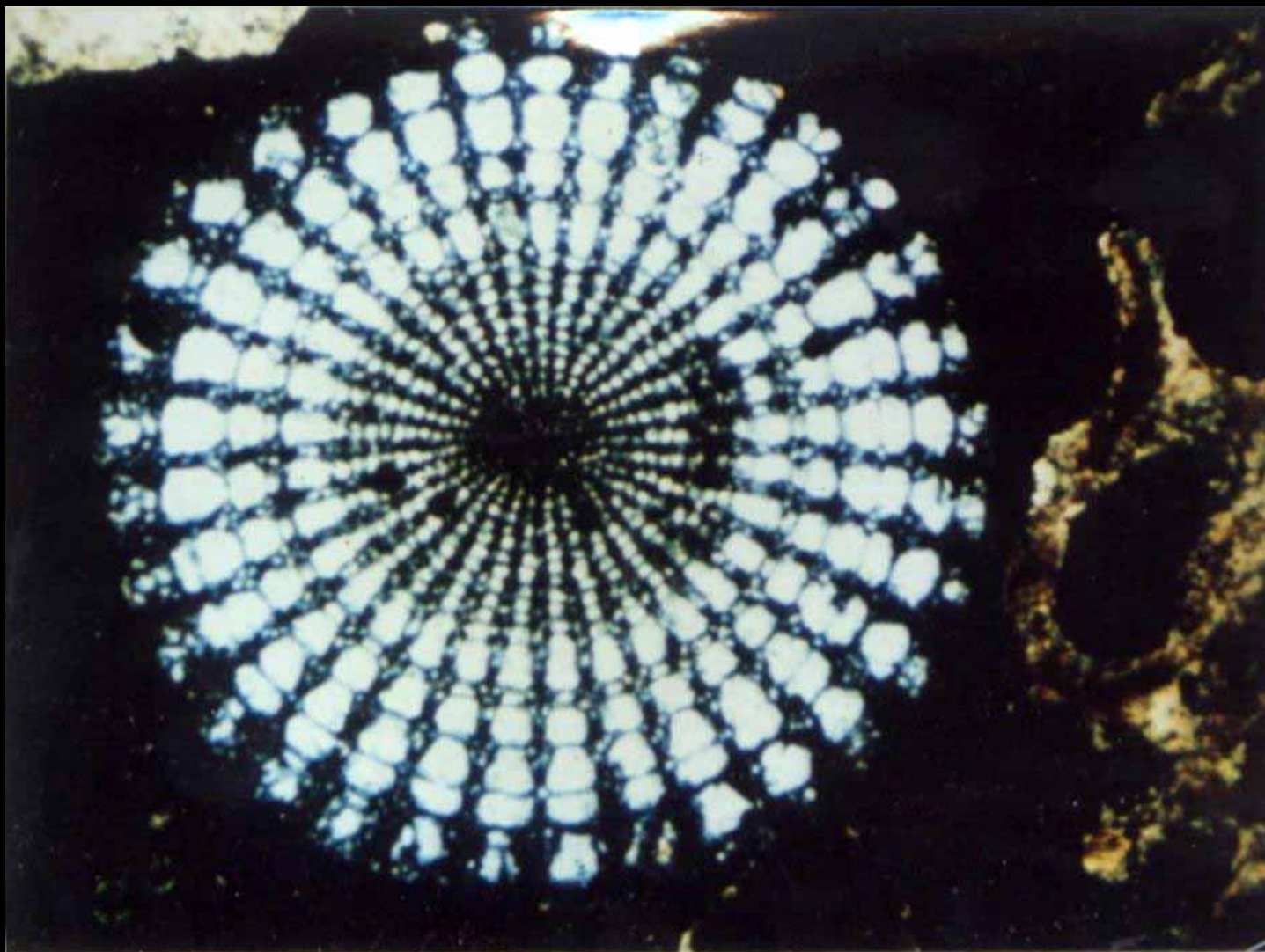


162. 海百合

大型海百合茎, 有棘皮动物颗粒嵌入。



照片 III-2-【10】-(1) 海百合
图为两个海百合茎板，具边连生单晶结构。
塔西南P1 单偏光 照片长边长7.5 mm



165. 蕨类

蕨皮动物壳类的横切面具单晶结构和非常特征的花边状。



本节要点：

- 碳酸盐岩生物骨骼的主要矿物成分
- 钙质生物骨骼的结构分类
- 碳酸盐岩中常见的生物门类骨骼的鉴定特征
(重点)