

碳酸盐沉积物及其成岩作用

〔英〕罗宾·巴瑟斯特 著

科学出版社

碳酸盐沉积物及其成岩作用

〔英〕罗宾·巴瑟斯特 著

中国科学院地质研究所
《碳酸盐沉积物及其成岩作用》翻译组译

科学出版社

1977

内 容 简 介

碳酸盐岩是沉积学研究领域进展较快的一个方面,作者从碳酸盐沉积物、它们的成岩过程以及沉积颗粒的显微构造三个进展显著的课题入手,详细分析了石灰岩和有关岩石的成因研究的最新成就。本书特点是着重于现代海洋碳酸盐沉积物及其沉积环境详细论述,并以大量的显微构造新材料作基础,探讨了成岩作用问题,有别于已有的其它专著。全书十三章。前十二章可概括分为三个部分:1)碳酸盐颗粒的岩石学研究;2)碳酸盐的沉积环境;3)成岩作用。最后一章专门介绍了现代的白云石问题。

本书对从事碳酸盐岩石、地层工作的地质工作人员,尤其对石油地质工作者有一定的参考价值。

DEVELOPMENTS IN SEDIMENTOLOGY 12

Robin G. C. Bathurst

CARBONATE SEDIMENTS AND THEIR DIAGENESIS

Elsevier Publishing Company Amsterdam London New York 1971

碳酸盐沉积物及其成岩作用

[英] 罗宾·巴瑟斯特 著

中国科学院地质研究所 翻译组译

《碳酸盐沉积物及其成岩作用》

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1977年11月第一版 开本: 787×1092 1/16

1977年11月第一次印刷 印张: 28 1/4

印数: 0001—3,500 字数: 657,000

统一书号: 13031·517

本社书号: 759·13—14

定 价: 3.45 元

译 者 的 话

碳酸盐岩石是沉积岩的一个重要组成部分, 分布较广, 经济意义较大。从本世纪三十年代开始, 在中东、北美等地碳酸盐岩层内相继发现了丰富的石油、天然气资源, 从而更加受到人们的极大重视; 同时, 在这方面的研究工作上引进了许多新技术和新方法, 也促进了碳酸盐岩石学的迅速发展。

我国解放以来, 随着社会主义建设的发展, 对碳酸盐岩石内石油、天然气的勘探、开发和研究工作也取得了很大的成绩。

遵循伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导, 为了适应我国目前社会主义建设中对碳酸盐岩石学研究工作的需要, 我们翻译了罗宾·巴瑟斯特的这部著作——《碳酸盐沉积物及其成岩作用》(“沉积学进展”·12)。这部书是继启林加等编著的《碳酸盐岩》(“沉积学进展”·9 A、B) 之后对碳酸盐沉积物进行概括性、总结性论述的专著, 其内容丰富, 材料新颖, 叙述详细, 许多地方是有启发性的, 虽然有些章节不免失之于冗长烦琐。

全书共十三章。前十二章可概括分为三个部分: (1) 碳酸盐颗粒的岩石学研究, 重点介绍了骨骼颗粒和非生物颗粒; (2) 碳酸盐的沉积环境, 系统地叙述了世界上知名的现代碳酸盐沉积区, 如巴哈马、佛罗里达、巴塔巴诺湾和波斯湾等现代沉积环境; (3) 碳酸盐沉积物的成岩作用。最后一章, 专门介绍了现代的白云石。应当指出, 巴瑟斯特是从现代碳酸盐沉积物的角度来观察问题、分析问题的, 所以与其它的碳酸盐岩石学著作有着鲜明的差别。关于成岩作用问题, 是这部书的重要部分, 占篇幅较多, 这也正是作者所擅长的。

本书适于不同专业的广大地质工作者参考, 读者当可从中选择地吸收有用的东西。至于译文中还存在的缺点、错误, 希望随时给予批评、指正。最后, 在本书翻译过程中, 我们得到中国科学院南京地质古生物研究所、武汉地质学院和华东石油学院的同志们大力支持, 帮助我们校正了不少错误, 解决了不少问题, 在此深表谢意。

译 者

1975 年 5 月于北京

作 者 序

自五十年代中期以来,碳酸盐沉积学的巨大发展和变化,使撰写一本扼要的综合性著作成为紧迫的要求。在编辑本书时,我把注意力集中于在此学科的认识上取得进展最重大的那些方面,即现代海洋环境、成岩作用、碳酸盐化学以及钙质骨骼的显微构造和超显微构造。我没有勉强地深究另外一些很有意义的问题,例如古代石灰岩的解释,因这将需要第二本书和几年时间。也许这算不了大的缺陷,因为在研究古代石灰岩方面还有待于作更多的努力才会取得重大进展,而且很可能正好有待于我在此所涉及到的新开展起来的研究领域的应用。本书并不打算包罗万象,相反,为了举例说明某些概念,我仅选了那些有价值的出版质量高的著作所提出的课题。凡此我希望达到两个目的,即向地质学研究者介绍这门学科并帮助他了解学科全貌。我侧重于第二个目的。碳酸盐沉积学不只是作薄片和计数统计、或是带着面罩和潜水帽潜水用数理统计法去统计和处理活着的底栖生物的事情,它也不是简单的离子活度积吉布斯自由能的问题、同位素平衡或分配系数的问题,它也不再是野外调查和精确的野外制图的工作。当然,碳酸盐沉积学工作应该是这些事情的全部,但这个“全部”要比各个部分的总和大得多。已经取得的许多进展,例如文石从海水里沉淀与松藻类产生碳酸盐的能力相联系、粒度分布与流体动力学和生物活动均有关系、现代白云石的X射线衍射分析和同位素分析紧密地与深入细致的野外描述相联系,有关现代碳酸盐沉积的复杂性的直接经验,促使在解释古代碳酸盐沉积时更加谨慎和留有余地。确实,值得高兴的是,由于在利物浦、海德堡、那不勒斯和达拉斯举行专门讨论会的许多热心者的努力,碳酸盐沉积学发展成地质学一个性质不同的和独立的分支,但这并没有把它引向狭窄的境地,而相反,广泛激起了各地质学传统学科如地层学、沉积岩石学、古生物学和地球化学的互相推动。

在这方面简要地提一提碳酸盐沉积物区别于机械沉积的硅质碎屑沉积物的某些特点是适当的。首先,主要的物质几乎全部是在靠近沉积的地点(除了外来沉积物和远洋沉积物外)形成的,例如介壳、粪球粒、鲕粒和其它颗粒,珊瑚藻生物礁格架以及叠层石。这些物质的形成和改造多半取决于海底的生物作用。由于碳酸盐矿物在含 CO_2 水内可溶性高及矿物和晶粒大小的多样性,使大部分碳酸盐沉积物很易遭受成岩变化。碳酸盐沉积物成岩变化的历史,与其处在原始沉积中的偶尔短暂的暴露相比是漫长而复杂的,这是它的突出的特征之一。硅质碎屑砂岩和碳酸盐岩之间的差别,摘自Choquette和Pray (1970)作的孔隙度研究,在表I上做了简要转录。

在描述碳酸盐岩时我用了Folk的比较简单术语(Folk, 1959, 图4;生物泥晶灰岩、球粒泥晶灰岩等)、Dunham的分类方案(1962,粒泥状岩、泥粒状岩等),在资料不允许更准确描述的条件下了Grabau (1904)的泥屑灰岩和砂屑灰岩(尽管Grabau把这些术语局限于水成碎屑的、水-破坏的颗粒)。对于沉积颗粒大小,我按照Wentworth (1922)的粒度分级:对于晶粒大小我采用Friedman (1965 d)的标准(微米大小的等);对于结构我采取了Friedman的术语(1965 d) (嵌含的等)。未固结的碳酸盐沉积物称为石灰(lime)或

表 I 砂岩和碳酸盐岩孔隙度的比较

(根据 Choquette 和 Pray, 1970)

特 性	砂 岩	碳 酸 盐 岩
沉积物中原始孔隙度的数量	通常 25—40%	通常 40—70%
岩石中最终孔隙度的数量	通常为原始孔隙度的一半或更大, 通常 15—30%	通常一点没有或仅为原始孔隙度的小部分; 在储层相中通常 5—15%
原始孔隙类型	几乎仅为粒间的	粒间经常占主要; 但粒内和其它类型重要
最终孔隙类型	几乎仅为原生粒间的	由于沉积以后的变动, 变化很大,
孔隙的大小	直径和孔口大小与沉积颗粒的大小和分选密切相关	直径和孔口大小通常显示与沉积颗粒的大小或分选关系不大
孔隙形态	强烈决定于颗粒形态-颗粒的“负象”	高度变化的, 从强决定于颗粒的“正像”或“负像”到完全与沉积组分或成岩组分无关的类型
大小、形态和分布的均匀性	在均质砂岩体内经常均匀性好。	可变化的, 从均匀性好到极不均匀甚至在仅由一种岩石类型构成的岩体内
成岩作用的影响	小; 一般由压实和胶结引起原生孔隙度减小量较小	大; 能够造成、消灭或完全改变孔隙度; 胶结和溶解重要
断裂的影响	在储层性质上一般不重要	如果存在, 在储层性质上有重要意义
孔隙度和渗透率的视评价	半定量目测估价经常相对容易	可变化; 半定量目测估价变化, 从容易到实际上不可能; 孔隙度、渗透率的仪器测量经常需要, 毛细压力经常需要。
对于储层评价岩心分析的适当性	1 英寸直径的岩心颈对于“基质”孔隙度经常合适	岩心颈经常不合适; 甚至完整岩心 (直径 3 英寸) 对大部分岩心都不合适
渗透率-孔隙度相互关系	相对一致, 经常取决于颗粒大小和分选	高度变化; 通常与颗粒大小和分选无关

碳酸盐泥、碳酸盐砂等。关于沿自由表面生长的充填空隙的晶体, 我采用流行的用法 (例如, Murray 和 Pray, 1965) 并统称胶结物, 因为强调粒间和粒内沉淀充填物就会混淆它们在性质上的同一性。如有需要, 胶结物也可冠以如放射纤维状或等粒状等形容词。没有用晶簇状这一术语。其它的术语在正文中讨论, 并在正文中或者注释中下定义。

.....

罗宾·巴瑟斯特

普林斯顿大学地质学和地球物理学系, 1968—1969

利物浦大学詹·赫德曼地质学研究室, 1964—1968

进一步阅读的文獻

某些综合性质的书和许多论文集作为研究碳酸盐沉积学的基础材料是不可缺少的。这些书是下列这些人编写的深入细致的著作: Cayeux (1935) 和 Sander (1936 或 1951), 为 Le Blanc 和 Breeding (1957), Ham (1962), Pray 和 Murray (1965), Müller 和 Friedman (1968) 和 Friedman (1969) 编辑的论文集, 在 Füchtbauer 和 Müller 编的教科书内为 Füchtbauer 写的关于“碳酸盐岩”的部分, 为 Chilingar 等人 (1967 a,b) 编辑的评论集。

目 录

译者的话	iii
作者序	v
第一章 碳酸盐颗粒的岩石学(一) 骨骼构造	1
第二章 碳酸盐颗粒的岩石学(二) 鲕粒、豆粒、球状粒及其它泥晶组构物	61
第三章 现代碳酸盐环境(一) 概述·大巴哈马滩	72
第四章 现代碳酸盐环境(二) 佛罗里达、巴塔巴诺湾、波斯湾、英属洪都拉斯	112
第五章 现代碳酸盐藻叠层石	165
第六章 碳酸盐的某些化学问题	175
第七章 鲕石、豆石和葡萄石的生长	221
第八章 大气下淡水环境中的成岩作用	239
第九章 海底成岩作用	268
第十章 胶结作用	305
第十一章 压溶	335
第十二章 成岩作用中的新生变形作用	346
第十三章 现代白云石	377
在正文中未下定义的沉积学术语汇编	396
参考文献	399

第一章 碳酸盐颗粒的岩石学(一)

骨骼构造

概 述

我们对碳酸盐沉积物和碳酸盐岩的绝大部分认识是通过显微镜研究得到的。野外工作不过揭露宏观关系,但许多石灰岩在手标本中往往不能清楚地揭示其本质——这对研究如此复杂的一类岩石是困难重重。地球化学研究和X射线研究尽管作用很大,但其缺陷不仅是取得结果所需的时间长,尤其是不能识别复杂的组构,这对鉴定这类多组分岩石极其重要。第二次世界大战以来,在碳酸盐研究的迅速发展,显微镜方法的直观性使它一直成为主要的研究工具;较新颖和易辨别的岩石分类依靠这种方法。改良的染色技术和包括醋酸酯揭片的复型法的发展,加上透射电子显微镜和扫描电子显微镜的运用,与灵敏的阴极发光法一起,表明显微镜是有远大前途的。

显微镜工作的基础是鉴定晶体和晶体群的形状、大小和定向及其空间关系——一言以蔽之,研究矿物和组构。例如,在鉴定完整或损伤很小的壳体时,对介壳壳壁构造只要粗略的认识就够了——比如脊或者隔壁等大的形态可作为适当的标志,然而对鉴定细小的化石碎屑颗粒来说,重要的是更详细地掌握壳壁构造。这些颗粒所具有的形状,不能提供系统分类的线索,通常只不过反映破损和磨蚀的程度。遗憾的是,即使尽力研究微小骨屑颗粒的构造也很少能使系统分类达到科以下的等级,而经常只能划分到门。但是,对于碳酸盐岩石学者来说,鉴定颗粒不是研究骨骼构造的唯一目的。碳酸盐岩石既是原始沉积作用产物,同样也是成岩作用产物,因而,结合矿物学来认识骨骼构造对于各种各样成岩作用研究是不可缺少的,而成岩作用是碳酸盐岩石学者现今所最关注的。

可惜,骨骼构造的研究既在各门类中发展不平衡,又往往缺乏严密性。研究的不平衡性、认识分布的无目的性反映在后面各节中。有一些门类还没有包括在内,因为这些门类的骨骼没有显微构造或者超微构造的有用资料。

当前论述仅限于壳壁构造,因为它们用光学显微镜和电子显微镜在新鲜的或保存好的材料中能观察到。骨骼内粗显的宏观形态——如脊、隔壁的组织或房室的排列——一般在古生物学教程中已涉及到,此处将不赘述。方法主要是岩石学的,这里简述的资料企图帮助不仅关心系统分类和生物相的勾划、并且关心如象方解石/文石比值、晶体生长过程、差异溶解、选择性白云石化、重结晶作用等其它事物以及一系列需要沉积颗粒结晶学和力学性质的知识的种种问题的人们。

软 体 动 物

软体动物的介壳构造非常复杂,而且变化多端,这大多是从 W. J. Schmidt(1921—

1929)用光学显微镜对细微构造的基本研究和从 Bøggild(1930)把构造和矿物学结合起来的研究中得知的。对于这些重大工作仅仅在近年来才取得了显著的进展。Oberling (1964)提出了一篇详细而考虑周到的论瓣鳃类(双壳贝类)壳壁的论文,重点介绍介壳构造的壳层(layering)、管(tubulation)、脊(ribbing)和介壳构造的分布。MacGillivray(1937)写了一本关于拟帽贝类(patelloid)和神螺类(Bellerophonoid)腹足动物的详细的专著,不仅包括壳层内各构造的分布情况,而且包括对识别碎屑颗粒有用的构造描述。可惜,这些作者均未提供矿物学资料。最近内容最广泛的关于介壳构造的工作是 Taylor 等(1969)的瓣鳃类专著。这本专著包含对早期工作非常充分和详细的评述,同时还纳入了与构造和壳层有关的许多新材料,这些材料是用光学显微镜观察薄片和揭片、用透射电子显微镜和扫描电子显微镜摄取显微照片和用 X 射线衍射仪作矿物鉴定而得到的。

软体动物介壳大部分由分布成层的微米大小的晶体的有机集合体组成。这些壳层在构造(见下)、构造的定向和矿物上互不相同。在任何一个未经变化的种中,壳层或全是文石或呈文石和方解石交互层,但高镁方解石和低镁方解石都可出现(P. D. Blackmon, 在 Gloud 文内,1962 a,第 61 页)。在菊石亚纲内管壳是文石的,而双瓣鳃(aptychus)是方解石的。长期被认为具有纯方解石壳的牡蛎,现已知道在其肌泌层(myostraca)内、在韧带的钙化部分内和在胚壳内有文石。上述资料是依据 Stenzel(1962、1963、1964)的研究,这些成果已为 Taylor 等(1969)证实和发展。除软体动物外,仅仅在水螅纲、八射珊瑚亚纲和蔓足亚纲内在一个骨骼内同时发现这两种矿物(Lowenstam,1964)。但是,如果它们同时出现在软体动物内,它们决不会混合,而是造成不同的单矿物层。在壳层中碳酸盐物质的排列情况是软体动物介壳的基本特征。一个介壳可以有 1—6 层,这取决于其分类系统中的位置。

活着的壳的外面,至少在某些生长时期覆盖着一层角质套,叫做角质层(peristracum),这是一种角蛋白(keratin)和纤维蛋白(fibrin)类的呈醌褐色的(quinone-tanned)蛋白质,也是钙化作用的起点。在某些种中,它带有毛或者刺毛(bristle)。口盖(菊石亚纲的双瓣鳃)为角质(horny)或方解石质的。

构造术语依据 Bøggild(1930)的研究,以后的工作者作了一些修改。不仅在整个门,甚至常常在一个种的介壳内,构造的变化都是相当大的。这里没有必要介绍详细的系统分类标准,这些在所引证的著作中被采用。研究化石碎片的岩石学家如果能把软体动物碎屑鉴定到纲或偶尔到科一级已经很不错了。因此,这里提到的构造的分类和描述表示与一个碎屑颗粒中所发现的天然的岩石学细节一致的介壳构造的稍微简化的轮廓,这种碎屑颗粒只代表介壳的一部分,又无一定方向性,通常又或多或少经过新生变形。在描述构造时,对它们在各种分类单位中的状态不加区别(的确,关于这一点知道得太少了),但在介绍给读者的各种出版物中,将会找到有关这个问题的资料。

软体动物的构造

这里采用了 Bøggild (1930) 的构造术语,并增加了肌泌构造。可分为七类主要构造:

珍珠构造(Nacreous)

棱柱构造(Prismatic)

均质构造(Homogeneous)

叶片构造(Foliated)

交错纹层构造(crossed-lamellar)

复杂交错纹层构造(complex-crossed lamellar)

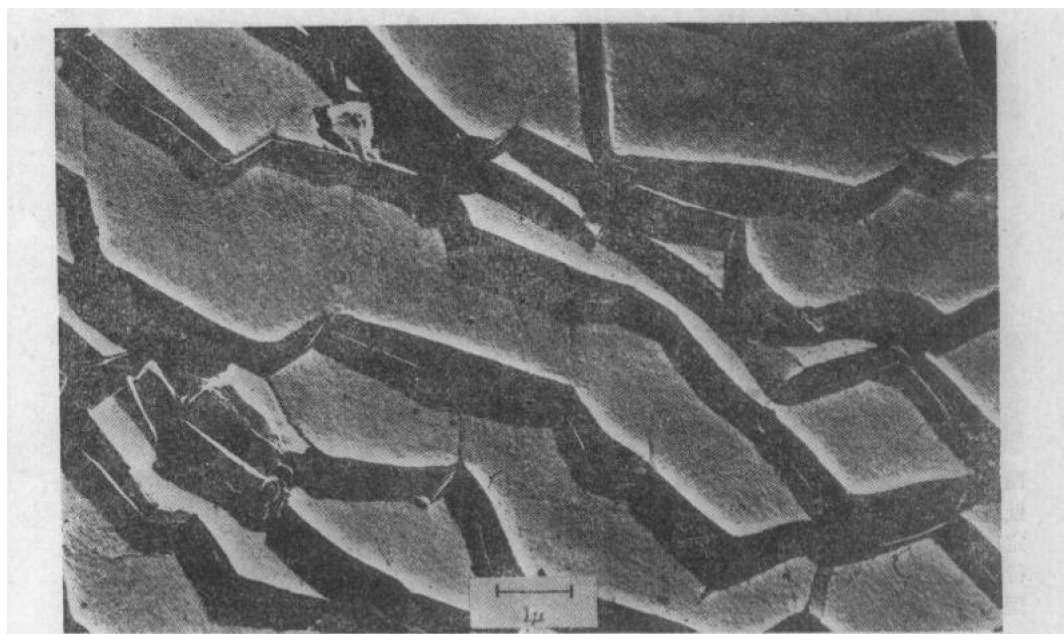


图 1 瓣鳃类珠母贝 *Pinctada margaritifera* (Aviculidae) 的珍珠质片 (已破碎) 的斜视图。纹层之间的有机质薄膜呈细白线状。在纹层表面上的浅沟是小条间的界线。复型。电子显微照片。现代。(引自 Grégoire, 1957)



图 2 通过鹦鹉螺 *Nautilus* sp. 珍珠层构造的垂直切面, 光面并经强烈腐蚀。层间和晶间膜有各种各样褶皱或破裂、突起。复型。电子显微照片。始新世。(引自 Grégoire, 1959 a)

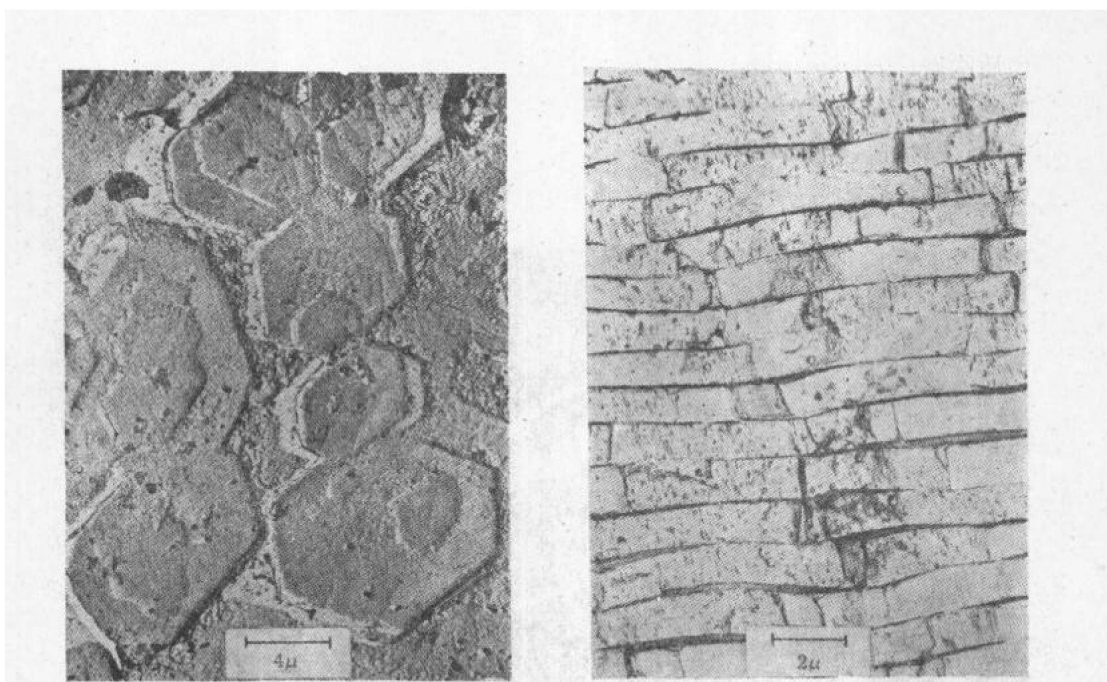


图 3 鹦鹉螺 *Nautilus pompilius* 的一个隔壁经过轻微腐蚀的珍珠层表面，图示小条呈定向生长。书页的平面包含 (001)，小条平行于 a 轴伸长，并沿发育的 (010) 连接。复型。电子显微照片。现代。

(引自 Grégoire, 1962)



图 4 通过侏罗纪贻贝 *Mytilid* 透镜状珍珠层的垂直切面，图示垂直叠柱 (stacks)。复型。电子显微照片。

(经 J. D. Hudson 同意)

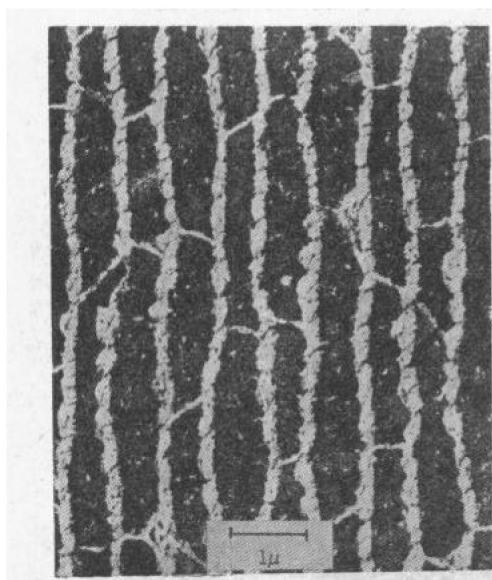


图 5 通过瓣鳃类马氏珠母贝 *Pinotada martensii* 珍珠层的脱碳酸钙垂直切面。纹层间有机质的白色绳 (cord) 大体呈南北向；在小条之间晶间基质的白色绳大体呈东西向。电子显微照片。现代。

(引自 Watabe, 1965)

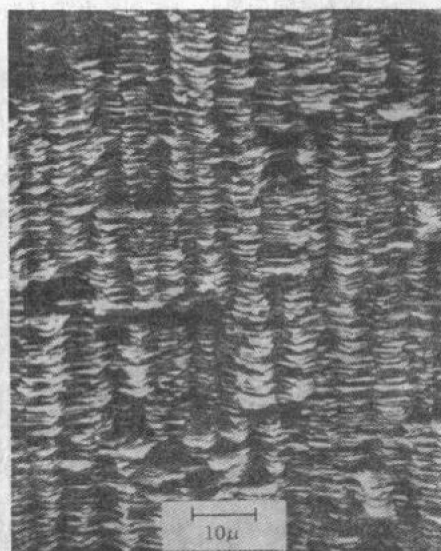


图 6 通过腹足类鲍属 *Haliotis rufescens* 透镜状珍珠层的垂直切面，图示垂直叠柱。扫描电子显微照片。现代。

(引自 Wise 和 Hay, 1968 b)

肌泌构造(Myostracal)

必须记住,由于在显微镜视域内的定向不同,各种构造的外貌变化颇大。

珍珠构造 这种构造总是文石(Wada,1958,1959),并是由一个叠一个(图1—7)的小条(tablet) (Taylor 等,1969)造成。这些小条是平行于(001)面的平板,这个基本的轴面又与壳面平行或者近于平行。小条可以呈圆形,或者具有(010)和(110)面的自形晶。光性资料是根据光学显微镜和X射线衍射测定的。小条厚0.4—3微米(平行于c轴的方向),宽约2—10微米。它们排列成连续的片(图4、5、6、8),因而呈Bøggild(片珍珠)的砖墙式或为5或6个小条(透镜珍珠)组成的垂直柱(stacks, columns)。这种构造用电子显微镜清楚可见(图6、8)。

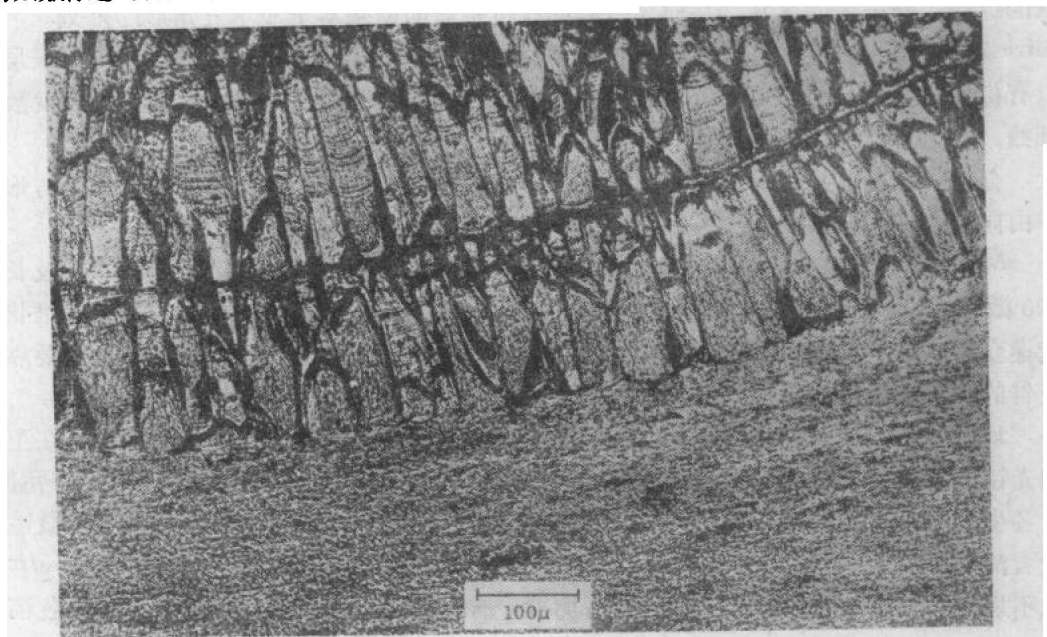


图7 在瓣鳃类无齿蚌属 *Anodonta cygnaea* 珍珠构造的中间层之上由柱状文石组成的外层辐向切面。揭片。现代。(引自Taylor等,1969)

据 Wise 和 Hay (1968 b) 及 Wise (1969 a; 1970 a、b) 的著作,很可能,腹足类的珍珠层生长面总是由文石晶体的长锥形柱所盖住。在垂直的横切面中,这些小条排列成垂直的圆柱。在瓣鳃类中,透镜珍珠层仅仅在少数属(特别是在江珧属 *Pinna*, 胡桃蛤属 *Nucula*) 内出现。通常小条在生长面处超覆,并在垂直切面上显示砖墙(片珍珠)构造。现代头足类鹦鹉螺,含有透镜珍珠层(S. W. Wise, 私人通信,1969)。W. J. Kennedy (私人通信,1969)也发现透镜珍珠层(透镜状的)在腹足类和头足类中广泛出现。

在光学显微镜下,区别珍珠层与均质组构要留心;至多,在垂直切面中见到呈隐晶物质,其轮廓模糊,全层显示一致消光的趋向。肉眼看来,介壳壁的内面显示众所周知的色彩,珍珠因而有声名。

Grégoire (1962, 图版 2) 和其它人的电子显微照片揭示,在现代的鹦鹉螺内,新的小条(图 3)趋于六方形,后来它们联合形成镶嵌状小条,各小条协合界线呈多边形(Towe 和 Hamilton, 1968 a, 图 7、8)。纹层间和晶体间的壳基质(图 2、5; Grégoire, 1957, 图版 254—256)呈具网格的似花边(lace)的片状(图 25、26; Grégoire, 1957, 图版 253—257; 1960, 图

版 1—5)。构成网状片的有机质纤维柱(trabeculae)“好象多节的绳索(knobby cords),常常类似于园圃鸢尾属的根茎”(Grégoire, 1957, 第 801 页)。Watabe (1965) 提出, 在一些瓣鳃类中每一个小条本身由许多较小的块体(Block)造成, 每一小块又被包在壳基质内, 且饱含晶内基质(这点有争论, 第 11 页)。Kobayashi (1969) 把较窄的小条集合体称为宽条。

棱柱构造 Taylor 等(1969) 在瓣鳃类内区分出一种由文石或方解石组成的单柱和另一种仅仅由文石组成的合柱。Taylor 等认为, 瓣鳃类的内壳层或中壳层内的棱柱层是肌泌层。

单柱 无论由文石组成或由方解石组成的单柱其外形都几乎相同(图 8—11, 24)。两种柱都有刻线: 方解石柱有横的细线, 呈新月形, 向下凸, 而文石质柱除横细线外还有分散状的纵线。介壳表面多孔, 似蜂窝状, 晶间有机基质的壁基本上显示五角形的排列。Grégoire 应用电子显微镜研究后指出, 文石棱柱由一叠盘形层纹构成, 每一层纹与下一层纹以有机质分开。Taylor 等(1969)发现文石棱柱在纵向上也可分成块。这或许代表发散状细线。

合柱 一般以其长轴平行于壳面排列和从壳顶呈辐射状分布。其横切面呈正方形, 并由向着合柱边缘扩散的次级针所造成。这些针又可分成更小的单位。

MacGlinck (1967) 辨认出长达 800 微米和宽 5—100 微米的叶片状棱柱, 以及长达 220 微米而横切面 1—2 微米的纤维针。二者通常与表面约成 50° 的交角。这些纤维状构造递变为 Bøggild (1930) 的复柱构造, 而 Taylor 等(1969)则归入合柱构造。这主要靠次级针的非常细微程度来加以辨别。

均质构造 这种构造具有很细微的晶体。组构在常光下很少能观察到, 但在正交偏光镜下大部分视域或多或少一致消光。这种构造是文石。其 c 轴与介壳表面有角度, 但各生物种很不相同, 一般是垂直的, 有时为斜交的或平行的。Bøggild 用光学显微镜没能看清单个晶体。Taylor 等(1969)用电子显微镜详细地观察了瓣鳃类 *Arctica islandica*, 见不规则的圆粒, 近于 $1 \times 3 \times 0.5$ 微米, 均被一有机质外皮所包裹。到处可见灰褐色縞带

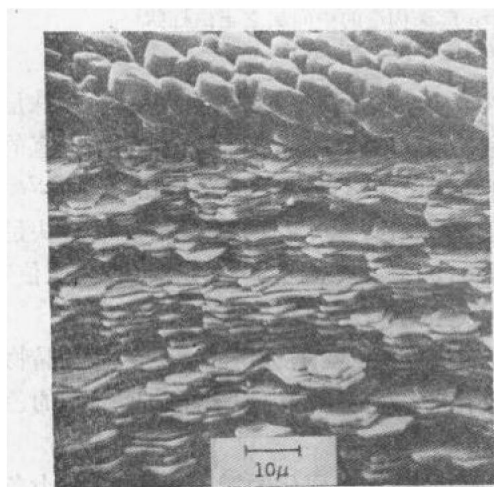


图 8 通过腹足类 *Cittarium pica* 外壁的垂直断面; 棱柱构造层覆在垂直堆叠的珍珠层上。扫描电子显微照片。现代。

(引自 Wise 和 Hay, 1968 b)

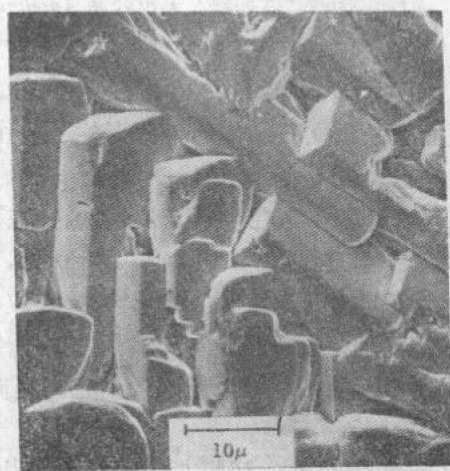


图 9 在腹足类 *Cittarium pica* 生长面上的文石棱柱。扫描电子显微照片。现代。

(引自 Wise 和 Hay, 1968 b)

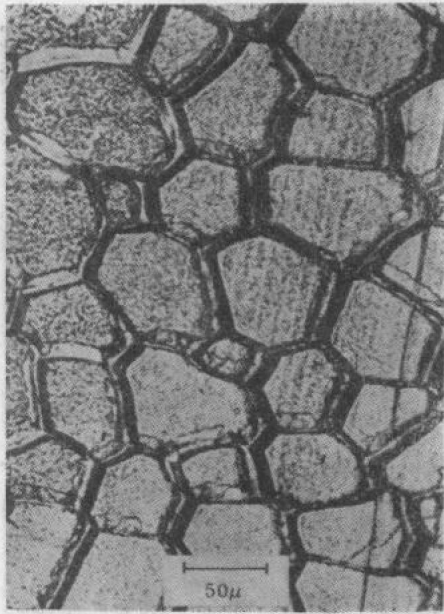


图 10 瓣鳃类珍珠贝属 *Pteria alacorri* 柱状方解石的斜切面,因受腐蚀而显示晶间有机质。薄片。现代。

(经 W. J. Kennedy 同意)



图 11 通过腹足类无鳃贝属 *Lepeta concentrica* 合柱构造(文石)层的中切面 (Sagittal section)。薄片。现代。

(引自 MacClintock, 1967)

(banding)。

叶片构造 这种方解石构造是由大致呈规则排列的小条(图 13—16)造成,小条并排联接,成为“薄片,这些薄片集成较大的透镜状叶片,然后形成更大的单位”(Taylor 等,1969)。叶片(图 14)与介壳表面平行或近于平行,处处类似低角度交错层(图 16)。有一些排列非常不规则,特别是在扇贝超科(Pectinacea)内。叶片由并排排列的微小长条(也叫板晶 laths)构成(图 13、15)。横切叶片的垂直切面显示假多色性、草红褐色,其中部分是因在不同切面中有机基质数量不同的结果。Taylor 等引述或者测定的小条,其大小为:长度 4—17 微米,宽度 2—3.5 微米,厚度 0.1—0.5 微米。 c 轴垂直于主要的小条面,即(0001)面; b 轴平行于长度。每个小条似乎是较小的板晶的集合。

交错纹层构造 这经常是文石(图 17—24),并有一个三重构造体系,由第 1 级和第 2 级纹层(Bøggild, 1930)构成,其第 3 级纹层的痕迹恰好能用光学显微镜辨认(Kobayashi, 1964; MacClintock, 1967; Taylor 等, 1969)。1 级纹层是一种长板或透镜体,其最长轴平行于介壳表面,这些纹层一般是聚合的(图 20、21)。在垂直辐向切面上,1 级纹层一般呈长方形,因此其长轴垂直于壳面。但这种轴可能扭曲和旋转,因而局部可能与介壳表面近于平行。在这种切面上,交互的纹层也显示假多色性、草红褐色,其原因在叶片状构造内已叙述过。纹层并排集合在一起,以致于形成一排大致平行的纵片,其长度达到几毫米,宽度约 0.5 毫米。按照 Bøggild (1930) 的意见,包含两个长轴的面是光轴面。它垂直于壳面或者微微与壳面斜交。

第 1 级纹层是由第 2 级纹层构成。2 级纹层均为小板(plate),厚 1—1.5 微米(短轴),其板状面垂直于第 1 级纹层的板状面(图 20)而与壳面斜交,构成 15° 到 45° 的交角。MacClintock (1967) 提出拟帽贝类(patelloid)壁内有一个 15 微米平均中间轴。在相邻的

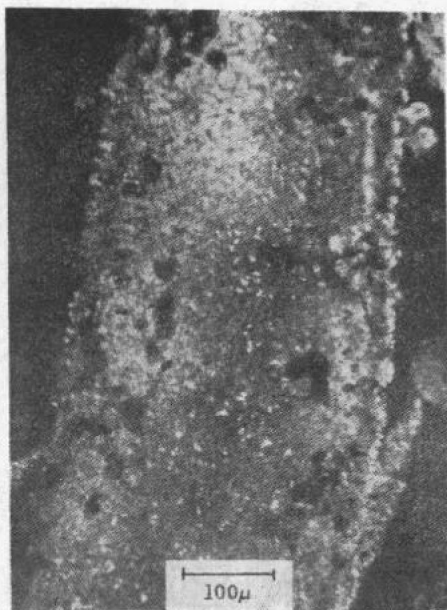


图 12 软体动物介壳碎片内的均质构造内出现的补丁状偏振光色。薄片。正交偏光。现代。



图 13 通过腹足类笠贝属 *Acmaea mitra* 叶片状构造(方解石)的切面, 平行于生长面, 显示叶片状结构。薄片。现代。

(引自 MacClintock, 1967)

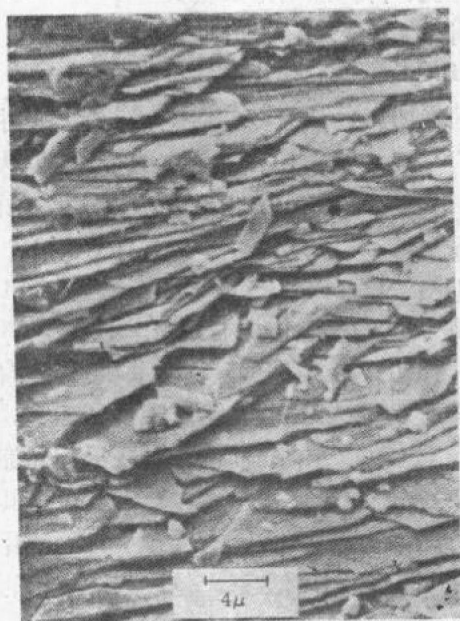


图 14 瓣鳃类食用牡蛎 *Ostrea edulis* 叶片构造(方解石)破裂面的斜面观。扫描电子显微照片。现代。

(经 W. J. Kennedy 同意)

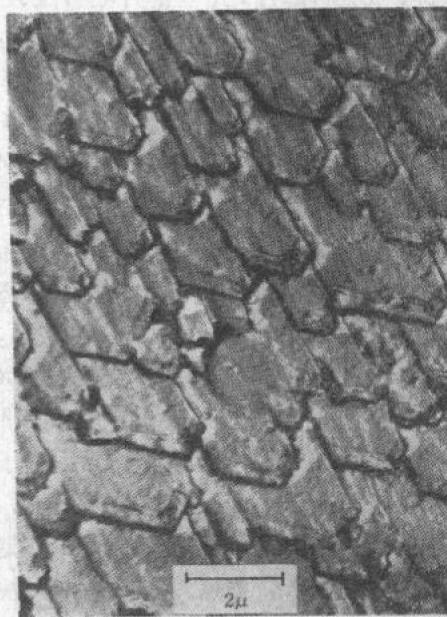


图 15 瓣鳃类舌骨牡蛎 *Ostrea hyotis* 叶片构造(方解石)的内表面。每一小条周围的暗色外圈是有机质。复型。电子显微照片。现代。

(经 W. J. Kennedy 和 J. D. Taylor 同意)



图 16 瓣鳃类卷嘴蛤类 *Gryphaeid* 叶片构造 (方解石) 的垂直切面。揭片。侏罗纪。



图 17 腹足类帽贝属 *Patella compressa* 交错纹层构造 (文石) 的中间中切面。薄片。现代。
(引自 MacClintock, 1967)

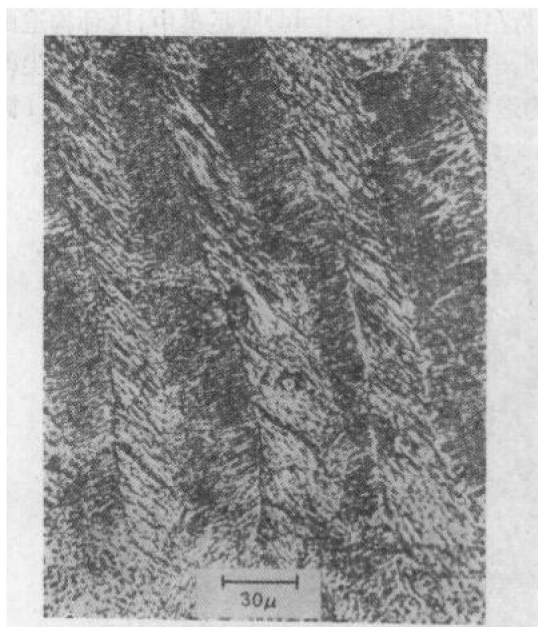


图 18 交错纹层构造 (文石)。第 1 级纹层大多呈南北向排列。第 2 级纹层大都呈北西-南东向和北东-南西向排列。一软体动物颗粒的揭片。现代。

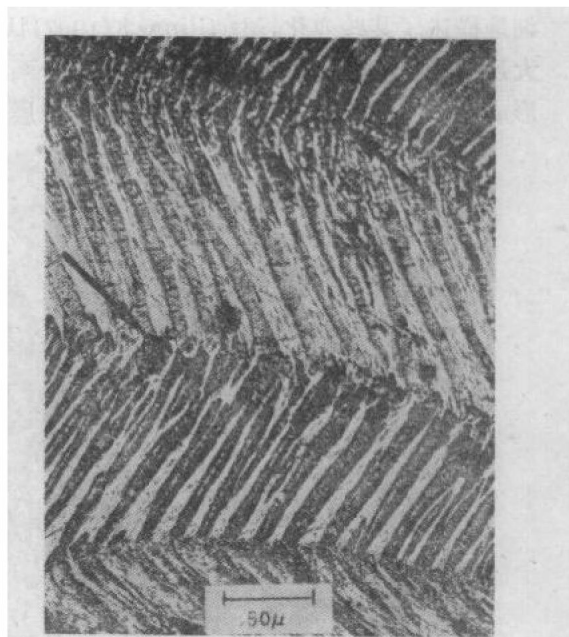


图 19 由交错纹层构造 (文石) 组成的壳层。一层的边缘用箭头符号表示。在此层内第 1 级纹层大致呈北北西-南南东。在一套第 1 级纹层内, 第 2 级纹层清楚可见, 大致呈东北东-西南西。在另一套内, 第 2 级纹层几乎位于书页的平面内, 并显示一种倾斜线, 大约平行于第 1 级纹层的边缘。一软体动物颗粒的揭片。现代。

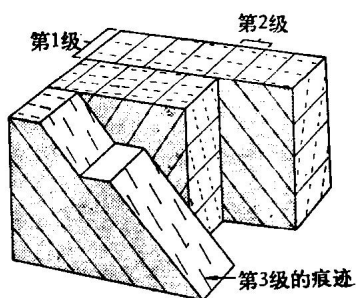


图 20 表示交错纹层构造内不同等级纹层的图解。

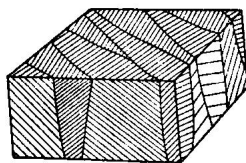
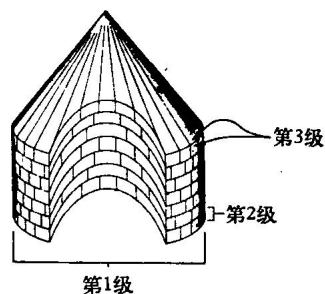


图 21 交错纹层构造的图解说明, 表示其在三度空间的情况。



第1级

第2级

第3级

图 22 复杂交错纹层构造内主要柱体的图解说明, 图示 3 级纹层。

(依 MacGlintock, 1967)

1 级纹层中, 其第 2 级纹层(从壳面侧面测量的)以相反方向倾斜(图 20、21)。

第 3 级纹层的痕迹见图 20。这些纹层难于见到, 其详细情况读者可以参考小林贞一(1964)和 MacGlintock(1967)的著作。

复杂的交错纹层构造 Bøggild(1930)把这种文石构造称为“它是所有构造中最繁杂的构造, 其细节还不可能充分地确定”。读者可以参考 Bøggild 精细的描述和他的许多显微照片。这里, 我们可以简略地概述一下, 这种构造是在交错纹层构造中出现的以相反方向排列的 2 级纹层, 具有一种复杂的排列, 以致形成一种棱柱构造。Taylor 等(1969)详细地描述了某些变化, MacGlintock(1967)认为在拟帽贝(patelloid)腹足类中, 这种构造由大致呈圆柱状的柱体构成, 而各个柱由一系列一个堆叠在另一个上的圆锥组成, 其顶尖即形成柱的中轴(图 22)。此柱相当于交错纹层构造中的第 1 级纹层, 而圆锥(每一个厚约 1 微

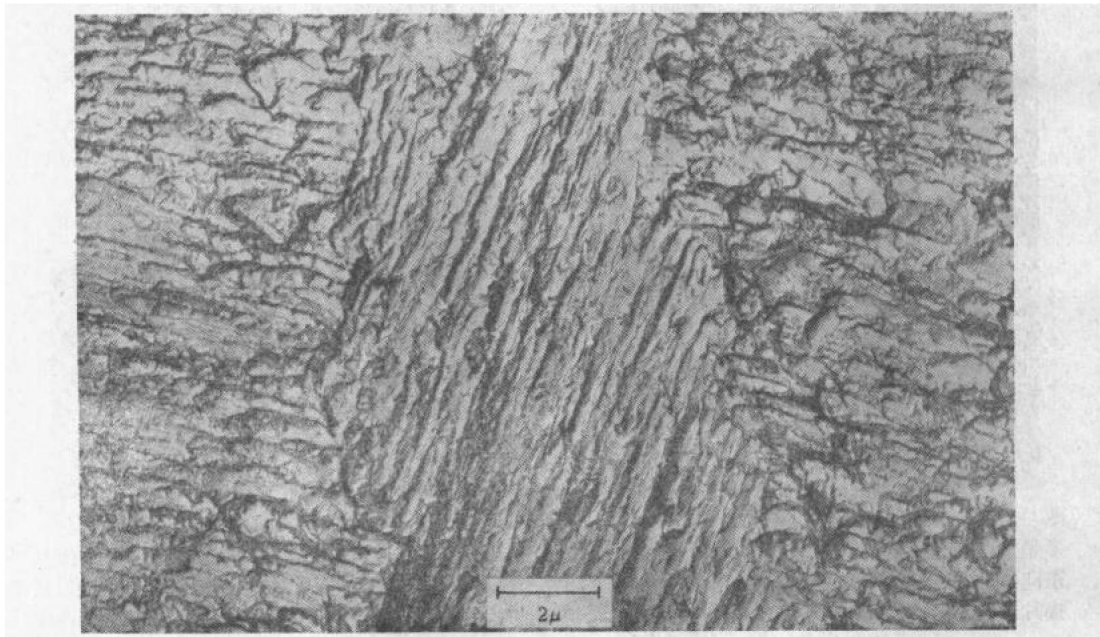


图 23 瓣鳃类糙鸟蛤属 *Trachycardium consors* 交错纹层构造(文石)的切面。三个第 1 级纹层均含有许多第 2 级纹层。复型。电子显微照片。

(经 W. J. Kennedy 和 J. D. Taylor 同意)