

国家自然科学基金资助项目

床板珊瑚形珊瑚的超微构造 类型、演化及其分类学意义

林宝玉 李耀西 等著



地质出版社

国家自然科学基金资助项目(编号:49172072)

床板珊瑚形珊瑚的超微构造 类型、演化及其分类学意义

林宝玉 李耀西 邓占球 李志明 著
许寿永 池永一 金淳泰

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书作者运用电子显微镜技术对床板珊瑚形珊瑚的超微构造进行了深入细致的研究,将床板珊瑚形珊瑚的超微构造的基本类型划分为3大类12个类型;提出了晶片类为原生而不是次生的理论依据;成功地根据超微构造对床板珊瑚进行分类;并对床板珊瑚形珊瑚的4个超目、9个目、13个亚目、53个科、12个亚科、142个属、101个种进行了详细描述;另附插图34幅、化石图版56幅。

本书对从事野外地质、石油、煤炭等专业的科技人员,科研单位的研究人员以及地质院校师生将会起到重要的参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

床板珊瑚形珊瑚的超微构造类型、演化及其分类学意义/林宝玉等著.-北京:地质出版社, 1996.4

ISBN 7-116-02045-4

I. 床… I. 林… II. ①珊瑚礁-地质构造-海淀地质 ②床板珊瑚亚纲-分类 N. ① P737.2 ②Q915.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 22741 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:舒志清 孙英群

*

北京印刷学院印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.25 铜版图:28 页 字数:190000

1996 年 4 月北京第一版·1996 年 4 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 定价:18.00 元

ISBN 7-116-02045-4

Q·06

前 言

对床板珊瑚形珊瑚化石的研究已有 230 余年的历史,通过几代古生物学家的艰苦努力,床板珊瑚形珊瑚的分类已基本明了。但是,随着科学技术的发展和工作的深入,床板珊瑚形珊瑚研究工作中存在的两大问题也就暴露出来了。一是床板珊瑚形珊瑚属种的数目不断增多,使得信息的储存和鉴定工作存在不少困难。为此,本书部分作者曾参加运用电子计算机技术对床板珊瑚形珊瑚的属以上的分类单元和中国发现的数千个种进行储存和鉴定的软件研究工作,获得了很大的成功。另一个问题是过去 200 多年中对床板珊瑚形珊瑚的研究,起初是通过人们的眼睛来辨认,后又通过切片技术,用生物显微镜进行研究,但是,由于生物显微镜放大倍数的局限性,使得许多问题不能解决。

本世纪 60 年代,电子显微镜开始进入各个领域的研究工作,法国学者 Lafuste (1970) 开始把它引入对床板珊瑚形珊瑚的研究工作中,使得对床板珊瑚形珊瑚的研究进入了一个新的阶段,即由肉眼进行观察阶段到显微镜下观察阶段,并发展到用电子显微镜进行观察阶段,也就是说对床板珊瑚形珊瑚骨骼构造的研究从宏观构造(大构造)研究→微观构造(微构造)的研究,进入到超微观构造(超微构造)的研究。这一新的观察手段使得一些在生物显微镜下得不到解决的问题得到了解决,也使我们有可能从本质上来探讨床板珊瑚形珊瑚的分类、演化、骨骼形成的机制及其与相关门类之间的关系。本书就是在这种指导思想下,运用电子显微镜对床板珊瑚形珊瑚进行全面系统的研究。

书中的一些插图主要引自国外作者发表的文章中。电子扫描薄片由本文作者分别提供。电镜扫描工作由李耀西、林宝玉、邓占球具体负责,电镜扫描工作主要在地矿部地质研究所、南京地质矿产研究所和中国科学院南京地质古生物研究所进行。图版及其说明主要由李耀西、邓占球、林宝玉共同完成。文字工作是在共同讨论的基础上主要由林宝玉、李耀西等执笔完成。

为了使文章更精练和避免重复,在描述超微构造特征如层型超微构造、羽型超微构造等中的“超微构造”一般均省去。如是显微构造特征,则在文中注明,以示区别。

本专著是国家自然科学基金资助的“床板珊瑚形珊瑚的微细构造、分类及演化”项目的最终成果。在项目进行过程中得到地质矿产部地质研究所、南京地质矿产研究所、沈阳地质矿产研究所、宜昌地质矿产研究所、成都地质矿产研究所、中国科学院南京地质古生物研究所及中国地质大学等单位及有关人员的大力支持,在此一并致谢。朱秀芳同志在项目负责人林宝玉出国期间协助管理工作,编写参考文献,誊抄等付出辛勤劳动,作者在此表示感谢。

目 录

前言

一、床板珊瑚形珊瑚超微构造研究简史	1
二、床板珊瑚形珊瑚骨骼的超微构造	5
(一) 基本单元	5
(二) 不同骨骼超微构造的类型	6
I. 体壁的超微构造类型	6
II. 表壁及基表壁的超微构造类型	8
III. 隔壁构造的超微构造类型	8
IV. 床板(或横隔板)的超微构造类型	9
V. 轴部构造的超微构造类型	9
VI. 中间缝的超微构造类型	9
三、床板珊瑚形珊瑚超微构造的演化趋向	11
四、床板珊瑚形珊瑚超微构造的分类学意义	14
五、床板珊瑚形珊瑚超微构造在分类中的应用	22
六、床板珊瑚形珊瑚部分种及属以上分类单元骨骼超微构造的系统描述	24
床板珊瑚超目 Superorder Tabulata	24
地衣珊瑚目 Order Lichenariida Sokolov, 1950	24
板锥珊瑚科 Family Tabulaconidae Debrenne, Gangloff and Lafuste, 1987	24
地衣珊瑚科 Family Lichenariidae Okulitch, 1936	25
滑孔珊瑚科 Family Lyoporidae Kiaer, 1930	25
束珊瑚目 Order Sarcinulida Sokolov, 1950, emend. Lin, 1963	26
束珊瑚亚目 Suborder Sarcinulina Sokolov, 1950, emend. Lin, 1963	26
束珊瑚科 Family Sarcinulidae Sokolov, 1950	27
套板珊瑚亚目 Suborder Thecostegitina Lin, 1963	27
套板珊瑚科 Family Thecostegitidae Fromental, 1861	27
戈尔斯基珊瑚科 Family Gorskyitidae Lin, 1963	28
新罗默尔珊瑚科 Family Neoroemeriidae Raduguin, 1938	29
四分珊瑚目 Order Tetradiida Okulitch, 1936	30
隐地衣珊瑚科 Family Cryptolichenariidae Sokolov, 1956	31
四分珊瑚科 Family Tetradiidae Nicholson, 1879	31
蜂巢珊瑚目 Order Favositida Wedekind, 1937	32
阿盖特珊瑚亚目(新亚目) Suborder Agetolitina (suborder nov.)	32
阿盖特珊瑚科 Family Agetolitidae Kim, 1962	32
壁巢珊瑚科 Family Theciidae Milne-Edwards et Haime, 1850	33

窝孔珊瑚科	Family Fossoporidae Y. X. Li in Y. X. Li et Lin, 1982	34
蜂巢珊瑚亚目	Suborder Favositina Sokolov, 1950	35
蜂巢珊瑚科	Family Favositidae Dana, 1846	35
多管珊瑚科	Family Multisoleniidae Fritz, 1937	40
似管珊瑚科	Family Syringolitidae Waagen et Wentzel, 1886	41
米契林珊瑚科	Family Micheliniidae Waagen et Wentzel, 1886	43
多孔珊瑚科	Family Cleistoporidae Easton, 1944	46
古尖珊瑚亚目 (新亚目)	Suborder Palaeaciina (suborder nov.)	47
古尖珊瑚科	Family Palaeaciidae Počta, 1902	47
沃氏珊瑚科	Family Vaughanidae Lecompte, 1952	48
粗砂珊瑚科	Family Trachypsammidae Gerth, 1921	49
通孔珊瑚亚目	Suborder Thamnoporina Sokolov, 1950	50
厚孔珊瑚科	Family Pachyporidae Gerth, 1921	50
树枝孔珊瑚科	Family Dendroporidae Fromentel, 1861	58
细孔珊瑚科	Family Graciloporidae Y. X. Li in Y. X. Li et Lin, 1982	60
槽珊瑚亚目	Suborder Alveolitina Sokolov, 1950	61
槽珊瑚科	Family Alveolitidae Duncan, 1872	61
小槽珊瑚科	Family Alveolitellidae Y. X. Li in Y. X. Li et Lin, 1982	66
共槽珊瑚科	Family Coenitidae Sardesson, 1896	67
笛管珊瑚目	Order Syringoporida Sokolov, 1947	70
笛管珊瑚科	Family Syringoporidae Nicholson, 1879	70
多壁管珊瑚科	Family Multithecoporidae Sokolov, 1950	73
小方管珊瑚科	Family Tetraporellidae Sokolov, 1950	74
新罗德森珊瑚科	Family Neotroedssonitidae Z. Q. Zhang, 1981	75
谜珊瑚科	Family Enigmallitidae Li in Wang et al., 1989	75
喇叭孔珊瑚目	Order Auloporida Sokolov, 1950	76
塔珊瑚科	Family Pyrgiidae de Fromentel, 1861	76
罗明格珊瑚科	Family Romingeriidae Sokolov, 1950	77
喇叭泡沫珊瑚科	Family Aulocystidae Sokolov, 1950	78
中国孔珊瑚科	Family Sinoporidae Sokolov, 1955	79
螺钻管珊瑚科	Family Trypanoporidae Y. X. Li, 1981	79
始弗莱契珊瑚科	Family Eofletcheriidae Sokolov, 1955	81
似弗莱契珊瑚科	Family Fletcheriellidae Sokolov, 1965	81
日射珊瑚超目	Superorder Heliolitoidea Frech, 1897	83
前楣珊瑚目	Order Protaraeida Leith, 1952, emend. Lin, 1988	83
前楣珊瑚亚目	Suborder Protaraeina Leith, 1952, emend. Sokolov, 1955	83
前楣珊瑚科	Family Protaraeidae Kiaer, 1899, emend. Sokolov, 1950	83
带珊瑚科	Family Taeniolitidae Lin et Chow, 1977	84
前日射珊瑚科	Family Proheliolitidae Kiaer, 1899	84

日射珊瑚亚目 Suborder Heliolitina Okulitch, 1936, emend. Sokolov, 1955	85
日射珊瑚科 Family Heliolitidae Lindstroem, 1873	85
前孔珊瑚亚目 Suborder Proporina Sokolov, 1950	88
前孔珊瑚科 Family Proporidae Sokolov, 1949	88
似网膜珊瑚科 Family Plasmoporellidae Kovalevsky, 1964	89
普拉格尼尔珊瑚目 Order Pragnellida Lin in Lin et Chow, 1977	89
西伯利亚珊瑚亚目 Suborder Sibiriolitina Lin in Lin et Chow, 1977	89
西伯利亚珊瑚科 Family Sibiriolitidae Lin in Lin et Chow, 1977	90
双孔珊瑚亚目 Suborder Diploporina Lin in Lin et al., 1988	90
双孔珊瑚科 Family Diploporidae Lin in Lin et al., 1988	90
链珊瑚目 Order Halysitida Sokolov, 1950	91
空孔珊瑚亚目 Suborder Vacuoporina Lin in Lin et al., 1988	91
空孔珊瑚科 Family Vacuoporidae Preobrazhensky, 1965	91
镣珊瑚科 Family Cateniporidae Hamada, 1957	91
链珊瑚亚目 Suborder Halysitina Sokolov, 1947	92
链珊瑚科 Family Halysitidae Milne-Edwards et Haime, 1850	92
刺毛珊瑚超目 Superorder Chaetetoidea	93
刺毛珊瑚目 Order Chaetetida Okulitch, 1936	93
古生代刺毛珊瑚类 Group Palaeozoic Chaetetida Sokolov, 1939	93
刺毛珊瑚科 Family Chaetetidae Milne-Edwards et Haime, 1850	93
壁刺刺毛珊瑚科 Family Spinochaetetidae C. T. Kim in Yang, Kim et Chow, 1978	95
蜂巢刺毛珊瑚科 Family Favosichaetetidae Yang, 1978	96
后古生代刺毛珊瑚类 Group Post-Palaeozoic Chaetetida Sokolov, 1939	96
刺毛珊瑚科 Family Chaetetidae Milne-Edwards et Haime, 1850	96
胚刺毛珊瑚科 Family Blastochaetetidae Deng, 1982	97
棘刺毛珊瑚科 Family Acanthochaetetidae Fischer, 1970	97
主要参考文献	99
英文摘要	103
属名索引	112
图版说明及图版	114

一、床板珊瑚形珊瑚超微构造研究简史

随着电子显微镜应用技术在科研工作中的广泛开展,电子显微镜扫描技术对床板珊瑚形珊瑚骨骼构造的研究也逐步得到开展。这一技术的引用使对床板珊瑚形珊瑚骨骼构造的研究从上一世纪人们利用肉眼观察,到本世纪初,人们利用生物显微镜观察(显微构造研究)。进入到本世纪 70 年代开始采用电子显微镜的观察(即超微构造的研究)。电子显微镜技术的应用,使得对床板珊瑚形珊瑚骨骼构造的研究进入到一个新的时代,即从宏观研究到微观研究,发展到超微观研究的阶段。通过超微观的研究,使许多在宏观、微观下不能解决的问题得到了解决,如 *Lichenariida* 和 *Tetradiida* 目的体壁构造在普通显微镜下无法知道,认为它是隐晶质的,而在电子显微镜下它是具晶粒类类型构造。这说明从更深的层次揭露床板珊瑚形珊瑚骨骼构造形成的本质,将有利于弄清床板珊瑚形珊瑚各超目及其相关门类之间的本质的关系。

对床板珊瑚形珊瑚显微构造的研究已有数十年的历史(见表 1),在这里仅对床板珊瑚形珊瑚骨骼的超微构造研究简史作一综合分析。床板珊瑚形珊瑚超微构造的研究简史大致可分为如下三个阶段:

第一阶段(1970—1980 年)

1970 年法国学者 Lafuste 首先提出用超薄片在透射电镜下对床板珊瑚形珊瑚骨骼构造进行超微构造的研究。是采用电镜技术对床板珊瑚形珊瑚进行研究的开拓者和用透射电镜方法在研究床板珊瑚骨骼的发明人。

在这之后的数年间,法国学者 Lafuste (1971, 1978, 1979, 1980), Fischer et Lafuste (1972), Plusquellec et Tchudinova (1976), 德国学者 Oekentorp (1974) 和波兰学者 Moricowa (1977) 等对床板珊瑚超目、四射珊瑚超目和刺毛珊瑚超目的少数属进行超微构造研究。首次将晶片类超微构造根据晶片大小划分为层型和微层型两种;根据晶片的形状提出桨状(desmidoide)晶片类型和“之”形的晶片排列方式。晶针类分出羽楣型和准羽楣型两种类型。

从上述研究可以看出,这一时期的研究仅是电镜技术的引进、透射电镜研究方法的提出和对少数属超微构造的研究,是床板珊瑚形珊瑚超微构造研究的早期阶段。

第二阶段(1981—1988 年)

从 1981 年开始,以法国学者 Lafuste 为首的古生物学家对床板珊瑚形珊瑚开展较多属的研究工作,先后有 Lafuste (1981, 1983a, 1983b, 1986, 1988) 对 *Dendroporidae* 科、*Micheliniidae* 科、*Alveolitidae* 科和 *Pachyporidae* 科的一些属的超微构造研究进行了报道;Lafuste et Plusquellec (1985, 1986, 1987, 1988a, 1988b) 对 *Micheliniidae* 科、*Vaughaniidae* 科和 *Favositidae* 科,尤其是对 *Micheliniidae* 科的研究;Lafuste et Tourneur (1988a, 1988b, 1988c) 对 *Syringolitidae* 科、*Favositidae* 科和 *Dendroporidae* 科;Mistiaen (1983), Mistiaen et Poncet (1983) 对 *Syringoporidae* 科和 *Trypanoporidae* 科;Plusquellec

(1987), Plusquellec et Sando (1987) 对 *Micheliniidae* 科的 *Michelinia* 属; 比利时学者 Tourneur (1987) 对 *Dendroporidae* 科的 *Zemmourella* 属超微构造的研究等。Dehrenne 等 (1987) 对早寒武世 *Tabulaconus* 属超微构造研究进行了报道, 指出该属的体壁由亮带和暗带组成, 前者具有晶针类梳型超微构造, 后者具晶粒类的粒型超微构造, 首次在电镜下观察到粒型超微构造的存在。

林宝玉、池永一等 (1988) 在其专著中也对床板珊瑚形珊瑚超微构造的类型进行了总结。认为除晶片类和晶针类外, 可能还有微粒型和微胞型的存在, 在普通显微镜下见到的 *Lichenariida* 目体壁的所谓“隐晶质结构”可能是具粒型超微构造。同时对超微构造的分类学意义进行了讨论, 认为“一般可作为目、亚目、科和亚科级分类的依据之一, 部分可作为属一级分类依据”。

以上这些学者研究的方法是透射电镜法, 图影中的超微构造不够清晰。他们用的是巴黎古生物研究所的电子显微镜。

值得提及的是西班牙学者 Rodriguez 和 Ramirez (1987) 发表了西班牙北部 Asturias 省石炭纪的床板珊瑚形珊瑚超微构造, 采用的方法是反射电镜法, 图影极其清晰。他们用的是德国 Tübingen 大学的电子显微镜。

总之, 本阶段是继第一阶段之后, 比较广泛的对床板珊瑚形珊瑚一些属的超微构造进行研究, 总数不超过 20 个属, 而且由于地质条件先天不足, 研究标本局限于法比盆地的石炭纪及少数泥盆纪的属, 部分属取材于西班牙和北非洲等地。对晶片类的研究较为详细, 除对 *Micheliniidae* 科的超微构造进行总结外, 对于其他科的超微构造未进行总结。也就是说超微构造的研究仍处于属级的研究阶段。应当指出的是, 反射电镜方法的采用, 由于其图形清晰, 制样技术的难度小于透射电镜方法, 因此预示着这一方法的强大的生命力。

第三阶段 (1989—现在)

这一阶段虽然只有五六年的时间, 但床板珊瑚形珊瑚超微构造的研究却发生了划时代的变化。

在这一阶段中, Lafuste et Plusquellec (1990), Lafuste, Semenoff-Tian-Chansky et Tourneur (1992), Lafuste et Tourneur (1990, 1991a, 1991b, 1991c, 1992), Mistiaen (1991), Plusquellec et Tourneur (1992), Plusquellec, Tourneur et Lafuste (1993), Tourneur (1989, 1990), Tourneur et Lafuste (1991), Tourneur, Lafuste et Plusquellec (1989, 1993), Tourneur et Plusquellec (1992) 及 Weedon (1991) 等陆续零星发表一些床板珊瑚形珊瑚属的超微构造, 时代仍以泥盆纪和石炭纪为主, 对属以上的超微构造未进行综合性研究。

1989 年, Rodriguez 在其“古生代珊瑚的层状微构造的起源及其在分类学上的应用”一文中, 论述了床板珊瑚形珊瑚层状超微构造的研究史, 层状超微构造的类型 (按大小分类: 层型, 微层型; 按形状分类: 碗状、盘状和半月状), 分类价值及其原生起源的理论, 指出半月状是晶片类与晶针类的过渡类型, 晶针类与晶片类同属原生构造。

与此同时, 李耀西、李志明 (王鸿祯等, 1989) 对中国古生代床板珊瑚形珊瑚进行较多的属的电镜扫描研究工作, 共扫描了床板珊瑚超目、日射珊瑚超目 15 科 23 属。未对刺毛珊瑚超目的代表进行电镜扫描研究。他们把床板珊瑚形珊瑚的超微构造单元分为两大类: 晶针类和晶片类, 7 个类型 (层型、皱层型、篦型、羽型、扇型、羽楣型和准羽楣型)。同

时对有关的科的超微构造进行比较系统的总结,并采用了反射电镜研究方法,图影极为清晰。虽然本书仅发表了 15 科和 23 属的超微构造,约占床板珊瑚形珊瑚属的 5% 左右,但是在一部著作中发表床板珊瑚形珊瑚属的超微构造之多和对科一级的超微构造进行综合研究之广在床板珊瑚形珊瑚超微构造的研究史上可以说是极其重要的。它的发表标志着床板珊瑚形珊瑚超微构造的研究进入了一个新的阶段,即由零星报道个别属的研究阶段进入较系统总结属和科超微构造的研究阶段。同时也使我国对床板珊瑚形珊瑚超微构造的研究由空白阶段一跃而达到国际先进水平。

表 1 床板珊瑚形珊瑚超微构造研究简表

超目	作者 科、属	Fischer, Lafuste, Plusquellec, Rodriguez, Tourneur et al. (1972—1993)		李耀西、 李志明 (1989)		本 文 (1994)		总 数	
		科	属	科	属	科	属	科	属
床板珊瑚 (Tabulata)		22	38	12	19	32 (12)	79 (64)	36	115
日射珊瑚 (Heliolitioidea)		1	1	3	4	8 (7)	15 (13)	10	19
刺毛珊瑚 (Chaetetoidea)		3	3			3 (2)	7 (6)	5	10
总 数		26	42	15	23	43 (21)	101 (83)	51	144

注:括弧内代表新电镜扫描科、属数。

1991 年李耀西对蜂巢珊瑚超目体壁的组成及其超微构造类型进行了讨论,并认为中间缝的超微构造是次生成因的。

在国家自然科学基金的资助下,作者等从 1992 年至 1994 年止,对中国发现的大量古生代床板珊瑚形珊瑚化石的超微构造进行研究工作,取得了重大的进展,主要有如下几个方面:

1. 电镜扫描床板珊瑚形珊瑚超微构造 43 科 101 属(包括新扫描的 21 个科、83 个属),约占床板珊瑚形珊瑚总数的 20% 左右。其中床板珊瑚超目 32 科 79 属,日射珊瑚超目 8 科 15 属和刺毛珊瑚超目 3 科 7 属。而在此之前的 20 多年(1971—1993)间一共发表电镜扫描超微构造 59 属。新电镜扫描超微构造属为过去 20 多年总和的 140% 左右。对过去发表极少的日射珊瑚和刺毛珊瑚超目的超微构造研究尤为突出,如日射珊瑚超目过去仅发表 3 科 4 属,而本文发表 10 科 17 属,刺毛珊瑚超目过去仅发表了 3 科 3 属,而本文发表了 3 科 7 属。

2. 通过研究将床板珊瑚形珊瑚超微构造的基本单元划分为三类:晶粒类、晶片类和晶针类。首次在 Lichenariida 目和 Tetradiida 目中确定晶粒类超微构造基本单元的存在。

3. 对床板珊瑚形珊瑚不同构造类型的超微构造进行系统研究(包括体壁构造、隔壁构造、表壁构造、床板构造、轴部构造和中间缝构造等)。

4. 将床板珊瑚形珊瑚体壁的超微构造类型划分为 3 大类 12 个类型:晶粒类:粒型;晶针类:篦型、梳型、半羽型、羽型、纤层型、始羽楣型、准羽楣型、羽楣型、茎羽楣型;晶片类:层型和微层型,又可进一步划分为:平行状、皱状、“V”状、倒“V”状、倒“U”状和“之”状等。

5. 进一步确定超微构造在分类学中的意义，并成功地应用于分类中，尤其对科、目、超目等分类单元的应用最为重要。对相关的亚科、科、亚目、目和超目的超微构造进行了综合研究。

6. 对超微构造类型的演化趋向作了简要的阐述。

7. 根据超微构造类型对若干属的分类位置进行了调整，并相应的建立了若干新的亚科和新亚目。

8. 进一步确定晶片类是原生构造，不是成岩作用过程中的次生构造。

总之，本专著是迄今为止对床板珊瑚形珊瑚超微构造无论在广度和深度方面研究最详的、总结最完善的专著。在目前世界上还没有一部著作可以与之比拟，它的发表将在床板珊瑚形珊瑚超微构造的研究史上占有极其重要的位置。

二、床板珊瑚形珊瑚骨骼的超微构造

(一) 基本单元

根据形状的不同,床板珊瑚形珊瑚骨骼超微构造的基本单元大致可分为三大类:晶粒类、晶针类和晶片类。

1. 晶粒类 晶粒一般为等轴或微不等轴状,大小及形状不太规则,其直径大约在 3—14 μm 之间;*Lichenaria* 属晶粒直径为 11—14 μm ,*Rhabdotetradium* 属晶粒直径为 3—10 μm 。*Rhabdotetradium* 属中晶粒比 *Lichenaria* 属中见到的要小。

2. 晶针类 本文所指晶针类包括短轴晶柱在内。晶针一般外形似针状,直径与长度之比相差较大。短轴晶柱的长度一般小于 22 μm (长 6—22 μm , 直径 3—10 μm),而晶针类一般长度均大于 25 μm ,当然,其中也存在一些过渡类型。晶针经过详细统计其大小大致如表 2。

表 2 床板珊瑚形珊瑚不同超目晶针大小对比简表

大		直径 (μm) (diameter)	长度 (μm) (length)
类	小		
别			
床板珊瑚 (Tabulata)		1.5—6 (少数 6—15)	20—60 (少数 50—110)
日射珊瑚 (Heliolitoidea)		1.5—4.5	25—40
刺毛类 (Chaetetoidea)		2—4 (少数 1.1—2.5)	25—53 (少数 15—20)

3. 晶片类 根据晶片的大小,大致可分为两类:层型和微层型。据 Rodríguez (1984) 的报道,层型晶片的大小为:厚 4—8 μm ,长或宽 30—50 μm ;微层型晶片的大小为:厚 2—8 μm ,长或宽 10—25 μm 。微层型根据形状和大小不同大概可分为三种:盘形,厚 2—3 μm ,长或宽 20—25 μm ;碗形,厚 4—7 μm ,长或宽 15 μm ;半月形 (lunar) 为过渡类型。根据作者对中国床板珊瑚形珊瑚骨骼超微构造晶片的大小测量结果,与 Rodríguez (1987) 的报道大致吻合,其对比关系见表 3。

表 3 床板珊瑚形珊瑚骨骼晶片类层型与微层型大小的界限

作 者	层型 (Lamellae)		微层型 (Microlamellae)	
	厚 (thickness)	长或宽 (length or width)	厚 (thickness)	长或宽 (length or width)
Rodriguez (1989)	4—8 μm	30—50 μm	2—8 μm 盘形 (scutellate) 2—3 μm 碗形 (cupular) 4—7 μm	10—25 μm 20—25 μm 15 μm
本文 This paper	2—8 μm	30—80 μm	1—8 μm	13—30 μm

(二) 不同骨骼超微构造的类型

在同一构造内, 骨骼超微构造可由同一基本单元组成, 也可由不同的基本单元共同组成。根据基本单元在骨骼构造中排列组合方式的不同可以归纳为不同的类型组合。

1. 体壁的超微构造类型

这里所指的体壁包括块状复体类型的蜂巢珊瑚类的体壁(具中间缝或不具中间缝的)、日射珊瑚类的体壁、中间管的管壁、链珊瑚类的间壁、刺毛珊瑚类的体壁和丛状复体类型的个体体壁。一般说来, 一个属或种一般仅具一种体壁类型, 但是也有部分属在复体发生的不同阶段具有不同的体壁类型, 如 *Thamnopora* 属在轴带体壁具中间缝, 而在边缘带则不具中间缝, 又如 *Neoroemeria* 属, 在轴带具块状复体类型的体壁, 而在边缘带则具丛状复体类型的体壁。有的作者将块状复体类型体壁称为合壁、又可分为分隔型合壁(具中间缝)、融合型合壁(不具中间缝); 丛状复体类型体壁则称为单壁。在本文中一律用体壁一词叙述其超微构造类型。

不管是哪一类型的体壁, 其超微构造类型在体壁的不同部位是不一样的。为了叙述方便, 在描述不同属的超微构造类型时, 将体壁大致分成如下几个部分描述: 内壁部分(包括深色的外层)和体腔边缘部分, 简称内壁和腔缘。若是块状复体类型的体壁, 如具中间缝时, 在叙述时, 除描述内壁和腔缘的超微构造外, 还论及中间缝的超微构造。

体壁的超微构造可分如下几种类型(如插图 1):

(I) 晶粒类

粒型 体壁由晶粒组成。

(II) 晶针类

大致有如下 10 种类型:

1. 篦型 晶针垂直于中间缝两侧规则排列。
2. 羽型 晶针与中间缝呈锐角相交。
3. 梳型 晶针垂直于体壁表面。
4. 半羽型 晶针与体壁表面呈锐角相交。
5. 扇型 晶针在纵切面上呈扇射状分布。
6. 纤层型 晶针在纵切面上呈扇射状分布, 但晶针生长具周期性间断或侧向膨胀甚至连接。
7. 始羽楣型 晶针呈簇状或锥簇状分布, 并常与体壁纵向方向斜交或垂直相交。
8. 准羽楣型 晶针与体壁的纵向方向呈锐角相交, 一般多于二射, 有三射或更多, 但无明显的钙化轴。
9. 羽楣型 晶针与体壁纵向方向呈锐角相交, 一般均是多射, 在体壁的横切面上可见其呈圆形的横切面, 而且具明显的钙化轴。

10. 茎羽楣型 与羽楣型相似, 但轴部具一中空的管子或一个实心的轴称茎羽楣型。

1—2 种类型见于块状复体、具中间缝的体壁中, 而后 8 种类型见于块状复体无中间缝类型或丛状复体类型的体壁中。

(III) 晶片类

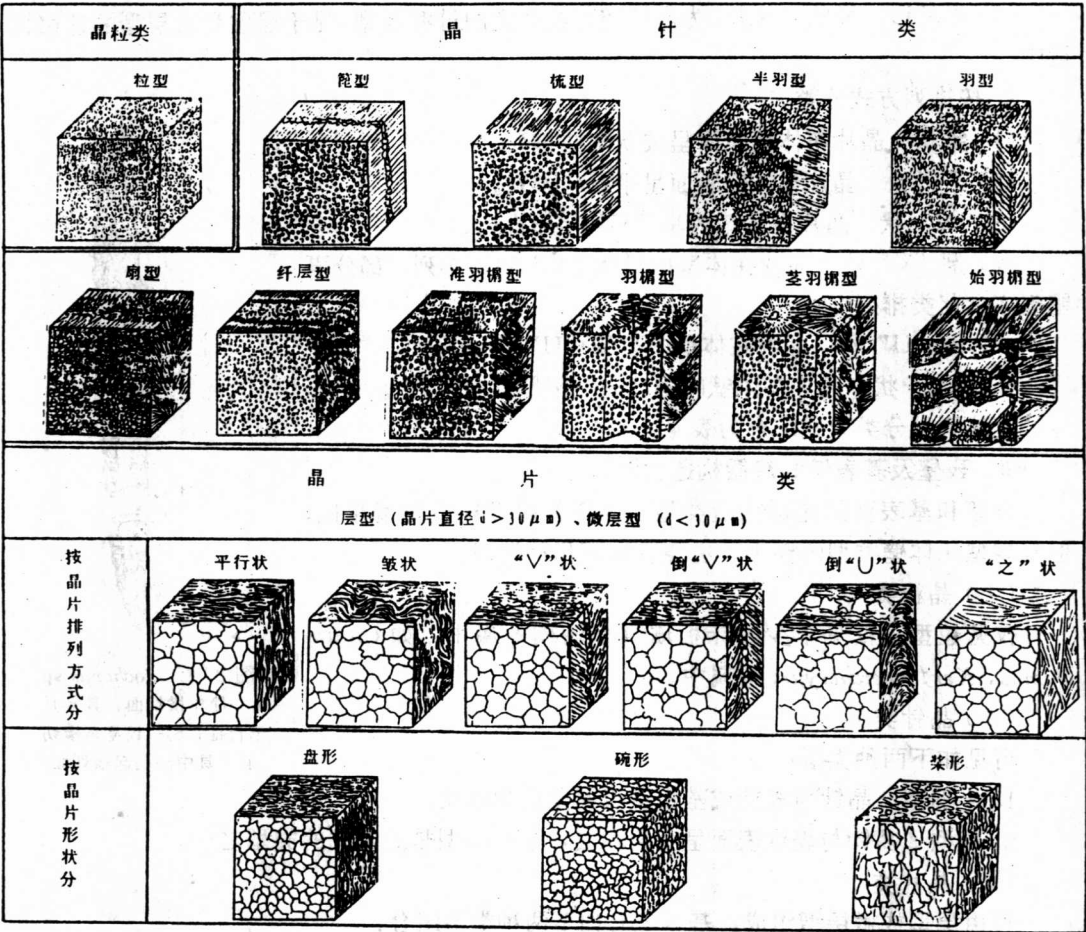


插图 1 床板珊瑚形珊瑚的超微构造类型

根据中国资料研究结果并综合前人的资料，作者视晶片的形状和排列方式的不同，作如下的划分（见表 4）。

表 4 晶片类的划分表

晶 片 类						微 层 型			
层 型						微 层 型			
按晶片排列方式划分						按晶片形态划分			
皱 状	平 行 状	“V” 状	倒 “V” 状	倒 “U” 状	“之” 状	盘 形	碗 形	桨 形	半 月 形

1. 按形状划分，可分为以下 4 种类型：

(1) 盘形 形状似盘状，其长度远大于其厚度。层型超微构造中目前均属于这一类型；它在微层型超微构造中也很常见。

(2) 碗形 形状似“碗”或“杯”，长度大于厚度，一般在一倍左右，仅见于微层型的超微构造中。

(3) 桨形 形状似划船用的“桨”，一头大一头小，亦仅见于微层型的超微构造中（插

图 2)。

(4) 半月形 形状如弯月。为晶针类与晶片类的过渡类型,见于层型和微层型的超微构造中。

2. 按排列方式分类

(1) 皱状 晶片与体壁表面呈波状弯曲排列。

(2) 平行状 晶片与体壁表面呈平行状排列。

(3) “V”状 晶片在体壁内呈“V”字形排列。

(4) 倒“V”状 晶片在体壁内呈倒“V”字形排列,部分隔壁刺亦具此类排列方式。

(5) 倒“U”状 晶片在体壁内呈倒“U”字状排列。

(6) “之”状 晶片在体壁内呈“之”字形排列。

上述两种分类方式综合为表 4。

II. 表壁及基表壁的超微构造类型

表壁和基表壁的超微构造类型与体壁的超微构造类型相似,但其类型比体壁类型的要少,主要有如下几种类型:

(I) 晶粒类

仅见粒型。仅见于少数床板珊瑚形珊瑚的属中,如 *Cladochonus*, *Kerforneidictyum* 等属中。

(II) 晶针类

可见如下两种类型:

1. 半羽型 晶针与表壁或基表壁表面呈锐角相交。

2. 梳型 晶针与表壁表面呈直角相交,这一类型是最常见的类型之一。

(III) 晶片类

可由层型或微层型组成。基本上有如下两种类型组合:

1. 平行状 晶片与表壁表面平行分布。

2. 皱状 晶片不与表壁表面平行,而是弯曲的。

III. 隔壁构造的超微构造类型

床板珊瑚形珊瑚的隔壁构造比皱纹珊瑚的隔壁构造要简单一些,基本上可分为两大类:隔板(隔壁脊)和隔壁刺(鳞片)。

(I) 隔板

1. 晶粒类 粒型,尚未在电镜之下看到,由于 *Rhabdotetradium* 的体壁由晶粒组成,推测其隔板亦可能具粒型超微构造。

2. 晶针类

(1) 准羽楯型 隔板由准羽楯型的超微构造组成。

(2) 羽楯型 隔板由羽楯型的超微构造组成。

3. 晶片类

(1) 平行状 晶片排列方向与隔板表面平行或近平行分布。

(2) 垂直状 晶片排列方向与隔板表面垂直或接近垂直,如在 *Erlangbapora* 属中所见。



插图 2 *Cladochonus* sp.

S₁—简单横切面,具半月形特征; S₂—较复杂横切面,具中间凸起横切面

4. 混合类型(或异类异型) 由晶片类的晶片和晶针类的准羽楣型共同组成, 在 *Agelolitooides* 属中, 隔板中央具准羽楣型超微构造, 而其两侧则由晶片包裹组成, 晶片基本平行于隔板表面。

(I) 隔壁刺

1. 晶粒类 在 *Lichenaria* 属中, 体壁由晶粒组成, 因此该属的隔壁刺亦可能由晶粒组成。

2. 晶针类

(1) 准羽楣型 隔壁刺由晶针形成的柱子组成, 但不具明显的结晶轴。

(2) 始羽楣型(或羽束型?) 隔壁刺由晶针组成的圆锥体组成, 这种圆锥体(或隔壁刺)一般垂直于体壁。

3. 晶片类

(1) 倒“V”状 由晶片呈倒“V”型排列, 其尖端即为隔壁刺的尖端。

(2) 垂直状 晶片垂直于隔壁刺的延伸方向, 如在某些 *Syringopora* 属中所见。

4. 混合类型(或异类异型) 隔壁刺的轴部由一晶杆组成, 外面由晶片包绕, 形状似在皱纹珊瑚中所称的全羽楣型。

IV. 床板(或横隔板)的超微构造类型

1. 晶粒类 床板由晶粒组成, *Rhabdotetradium* 属的床板可能属于此类, 有待进一步证实。

2. 晶针类 目前只见梳型一类, 晶针垂直于床板的表面。

3. 晶片类 目前仅见一类, 即平行状, 晶片排列方向平行于床板的表面。

4. 混合类型(或异类异型) 由晶粒类粒型和晶针类短轴晶柱形成的梳型组成, 见于古老的寒武纪的珊瑚 *Tabulaconus* 属中。

V. 轴部构造的超微构造类型

1. 晶针类 羽楣型, 轴部由单个羽楣(如 *Neoplasmoporella* 属)或多个羽楣组成(如 *Protaraea* 属)。

2. 晶片类 平行状, 由晶片重叠而成轴部构造, 实际上晶片是垂直于轴部构造的延伸方向, 如 *Erlangbapora* 属便是。

VI. 中间缝的超微构造类型

关于中间缝中的超微构造, 目前有两种不同的看法: 一种认为是中间缝中的超微构造大多数是原生的构造, 可能有一部分是次生的; 另一种看法是中间缝中的超微构造均是次生的, 本文暂采用前种看法, 认为其超微构造大多数均是原生的。中间缝中的超微构造大致有如下的一些类型。

(I) 晶粒类

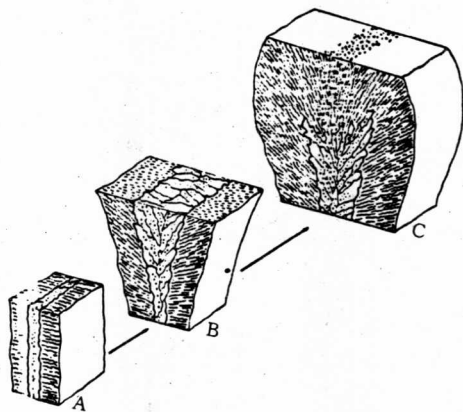


插图3 *Thamnopora* 属体壁超微构造演化模式示意图
(据 Lafuste et Tourneur, 1991)

A—轴带; B—过度带; C—边缘带

1. 分离粒型 由较细小的晶粒紧密或间有空隙相接组成中间缝，如在 *Squameofavosites*, *Dendropora* 等属中所见。

2. 镶嵌粒型 由比较粗大的晶粒互相嵌接组成中间缝。

3. 板型 中间缝形似板状，常裂开，在切面上呈不规则的节状，其间有时见到晶粒。可能是由比较细小的晶粒组成。故将其暂置于晶粒类中，如在 *Pachyfavosites* 属中所见。

(I) 晶针类

羽楣型 中间缝由许多羽楣柱组成，如在 *Acaciapora* 属中所见 (Lafuste et Tourneur, 1991)。

(II) 混合型 (异类异型)

中间缝由羽型和粒型混合组成，如在 *Thamnopora* 属的中间缝中所见到的 (Lafuste et Tourneur, 1991) (见插图 3)。