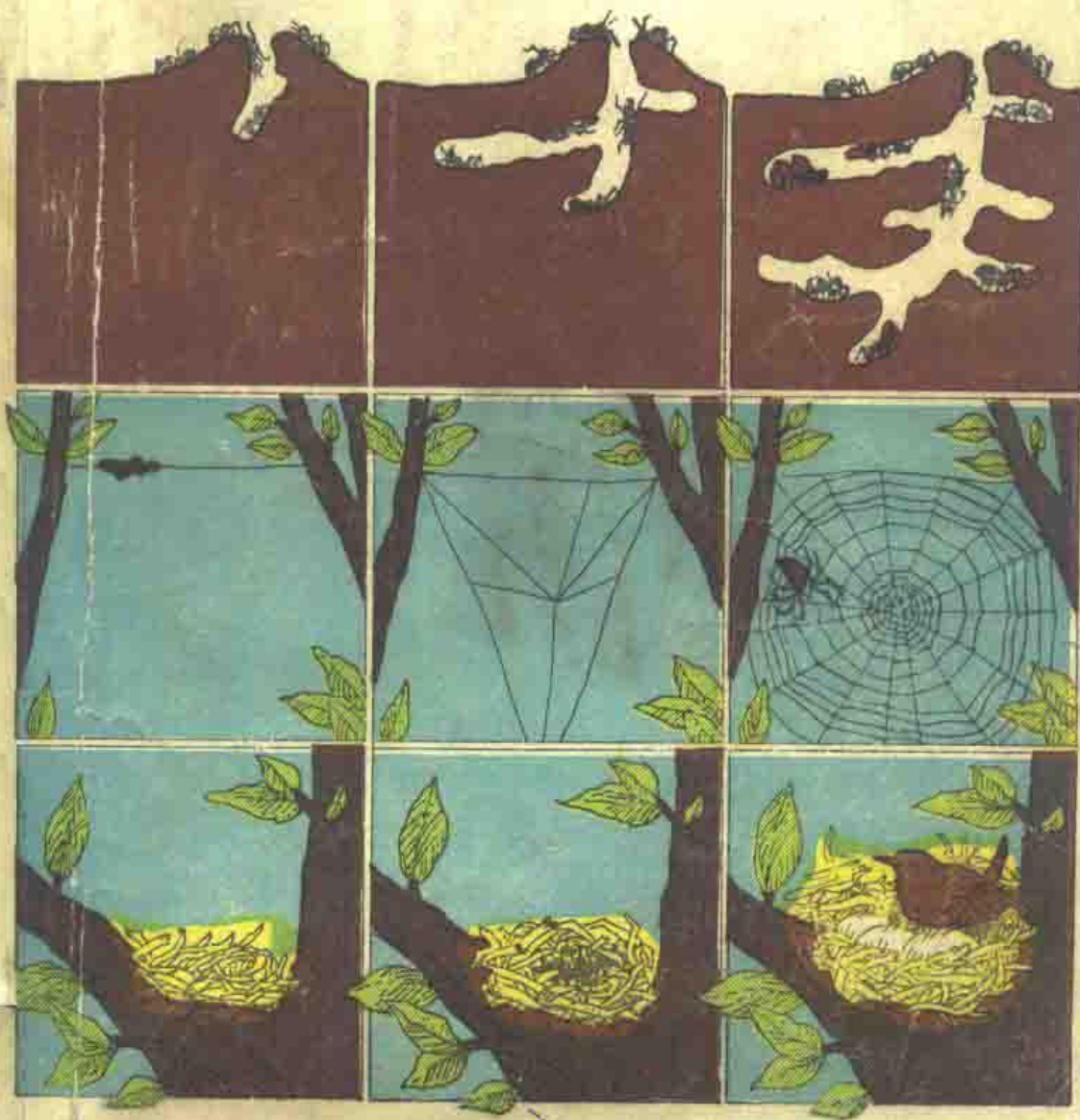


动物的建筑艺术

〔德〕 卡尔·冯·弗里施 著

科学普及出版社



动物的建筑艺术

〔德〕 卡尔·冯·弗里施 著
(诺贝尔奖金获得者)

王家骏 译
王家骅

科学普及出版社

内 容 提 要

从最低等到最高等的整个动物界,都有形式不同的建筑活动,其中许多动物有着很高的建筑艺术,它们能够利用外部的材料或体内产生的物质,创造出许多奇巧的建筑结构。有些是作为捕食器,而大部分是用来保护动物本身或其幼儿。人们曾从它们那里得到启示,发展了仿生学……。

本书将把你带到各种动物的建筑活动中去,你将欣赏到这些“建筑大师”的高超技艺和绝妙的作品。

本书的读者对象是广大的青少年和动物爱好者。同时,也可供专业工作者参考。

动物的建筑艺术

〔德〕卡尔·冯·弗里施 著

王家骏 王家骅 译

责任编辑:陈效一

封面设计:王 浩

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京通县向阳印刷厂印刷

*

开本: 850×1168毫米1/32 印张: 7¹/₂ 字数: 190千字

1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷

印数: 1—8,400册 定价: 0.86元

统一书号: 13051·1358 本社书号: 0668

序

十年前，当海伦和库特·沃尔夫来我们奥地利沃尔夫冈湖畔的布朗温科尔乡居访问时，我们就产生了写这本书的念头。在那里，我曾去周围的农村采集了许多年野生动物的标本。当我向他们展示我的“博物馆”时，出版界的朋友们对我搜集的一些昆虫窝巢特别感兴趣，并建议我写一本关于动物的建筑艺术的书。然而，其他工作占去了我的时间，没有给我留下闲暇作这一类轻松的消遣。但我并未打消此念头，而且现在已经付诸实现。

我尽力做到通俗易懂，因为这本书主要是为业余爱好者撰写的。要是大家充分了解大自然的活动方式，就有利于保护我们的生态环境，防止威胁这个环境的愈来愈甚的破坏。

为了了解动物的建筑活动，有必要明了一些“建筑者”的生活。因此，总得谈谈动物的行为，但又只能作适当的概说，不致喧宾夺主，占用过多的篇幅。

如果没有朋友们的帮助，我是无法实现我的心愿的。B·霍尔多贝勒、M·林道尔、M·吕舍尔、F·施雷默尔、H·西尔门等人友好地让我使用了许多有趣的照片。我必须感谢M·伦纳，他绘制了细致的图象和给予了其他方面的帮助。还得感谢图里德·霍尔多贝勒夫人和德意志联邦共和国美因茨科学院及文学院的朋友，他们在插图方面也给了许多帮助。我不可能提及所有给我以帮助的人，对他们我都要表示最诚挚的谢意。最后，我想说的是和我儿子奥托的合作，他提供的建议和在其他多方面的帮助，对我是一种极大的愉快。

1973年秋于布朗温科尔。

卡尔·冯·弗里施

目 录

序

一、象建筑师一样的活体——外部和内部的设计 (2)

1. 微小的球体 (2)
2. 海绵 (7)
3. 珊瑚虫大厦 (8)
4. 蜗牛壳 (13)

二、建筑师 (18)

(一) 节肢动物 (19)

1. 设陷阱的捕食者 (20)

- 1) 蚁狮 (20)
- 2) 园蛛的网 (23)
- 3) 用其它方法狩猎的蜘蛛 (31)
- 4) 水下网 (34)

2. 为自己修建住宅 (35)

- 1) 毛翅目昆虫的幼虫 (35)
- 2) 小鳞翅类幼虫的住宅 (38)
- 3) 沫蝉科昆虫 (43)

3. 保护后代的建筑物 (44)

- 1) 泥蜂 (45)
- 2) 胡蜂 (48)

独居胡蜂 群居胡蜂

- 3) 独居蜜蜂 (55)

4. 群居昆虫的住宅 (62)

- 1) 熊蜂窝巢 (62)
- 2) 蜜蜂和它们的公寓 (67)

养蜂人提供而由蜜蜂自己装配的住宅 蜜蜂群落 建筑蜂房

蜜蜂的测量工具 蜂房根据地球重力定位 蜂胶 活动住宅

- 3) 蚂蚁的家 (84)

蚂蚁的等级制度和它们的任务 从一般的泥土住宅到雄伟的
 土丘 用木头和纸做成的公寓 纺织蚁 储藏室和孵化室
 筑路和建立动物棚 没有固定住宅的流浪汉

- 4) 白蚁, 建筑和民用工程方面的巧匠 (107)
 白蚁群落 简单建筑物 伟大的建筑师 白蚁住宅中的空气
 调节 建筑技艺

(二) 脊椎动物 (130)

1. 鱼类 (131)

朴素的建筑师——蛙 歧尾斗鱼的气泡巢 虾虎鱼的庇护所
 刺鱼和隆头鱼的巢 颌鱼 口腔孵卵器

2. 两栖类 (140)

泡沫巢 树蛙用粘土筑巢 奇妙的小蛙繁殖场

3. 爬行类 (145)

4. 鸟类 (147)

1) 建造并调节孵卵器的鸟类 (147)

2) 不筑巢也要孵卵 (153)

3) 简单的巢 (155)

4) 鸟巢和鸟类筑巢概述 (158)

5) 杯形巢 (161)

6) 在头上修建屋顶 (165)

吊巢用来防止不速之客 织布鸟

7) 公共巢 (175)

8) 象房客一样的鸟类 (177)

9) 在洞穴中孵卵的鸟类 (179)

啄木鸟 犀鸟 翠鸟 修筑粘土掩蔽所的鸟类

10) 缝叶莺 (187)

11) 可食用的金丝燕巢 (188)

12) 中间加热的活巢 (192)

13) 大园丁鸟和它们的亭子 (194)

14) 当园丁鸟修建和装饰它的亭子时,

它头脑里闪过些什么念头? (201)

5. 哺乳类 (203)

1) 鼯鼠和它的地下环境 (204)

2) 獾	(208)
3) 象建筑师一样的啮齿动物	(209)
禾鼠 睡鼠 林鼠 松鼠 旱獭 河狸	
4) 类人猿	(225)
三、结论	(231)

当我们站在大教堂、庙宇、金字塔和其他几百年前（如果不是几千年前的话）修建的建筑物面前时，我们心里充满了敬畏和赞美之情。而在它们之前的几百万年，就已经有了“建筑大师”，这些“大师”作品的出现，的确不能归功于伟大艺术家富于灵感的天才，而是由于生命力本身无意识的而又从不松懈的活动的结果。没有工具，也没有任何名副其实的行为，暖海里的珊瑚虫建立了它们的石灰石大厦——一种可以和巍峨山岳相比拟的巨大建筑物，而且直到今天还在不停地修建。某种微小的生物体如放射虫 Radiolaria，为了它们微小而娇嫩的身体，甚至更长时期地建造玻璃状的支撑结构。由于它们在浩淼的海洋分散而居，故没有从它们硅质的骨骼中建立起庄严的纪念碑，但很多艺术家却因看到了它们出奇的精美而万分激动。对这样的生物体我们将作简要的叙述。

而这本书将主要致力于这样一些动物的活动，它们利用外部的材料或者其体内产生的物质，实际上采取类似人类从事于砖石建筑、编织、折叠、挖掘等技术，真正地建造它们变幻迷离的结构。其中有些作为捕食器，而大部分是用来保护动物本身或其幼儿。大自然为这些建筑者提供了手艺的工具：齿、嘴、腿和身体的其他部分，多数情况下，这些器官令人惊异地适合于它们必须完成的特定任务。

一、象建筑师一样的活体——

外部和内部的设计

1. 微小的球体

我们把极微小的单细胞动物，即原生动物置于动物界的基点。通常，它们非常小，小到肉眼看不见或者几乎看不见，其中最原始的一种是变形虫，它是一种栖居在淡水坑里的动物，其身体由一点点原生质和一个核构成。然而，即使是变形虫的机体，也不象以前所设想的那么简单。电子显微镜已经揭示，单细胞动物的原生质和核组织中的许多成分和高一级动物细胞相应的成分，并无很大差异。当然，在对比中可以看出，变形虫的机体是非常原始的。变形虫能够沿着水生植物的叶面或者一些其他物体的表面移动，移往原生质可以朝之流动的任何方向。移动时伸出伪足，同时收回另一方向的相同伪足（图1）。变形虫可以让它的原生质围绕食物微粒（例如极小的水藻）流动，并且将其吞食，吞食用不着永久性的嘴或口。当变形虫发育至原有的两倍时，即进行繁殖，先是核分裂，然后原生质分成两个相等的部分，于是，“母亲”变成了两个“孩子”。另一种原生动物沙壳虫 *Diffugia* 不仅吞食食物，还吞食象沙子一样的不消化的微粒，这些微粒由躯体原生质内部移往体表，由这种动物分泌的一种物质把微粒胶结在一起，最后形成了一个瓮形保护壳，即“介壳”。它们能借从壳口伸出的伪足的帮助，象驮着“房子”的蜗牛那样慢慢爬动（图2）。这种动物和变形虫一样，是由核和原生质的分裂来繁殖的，但在第二个小屋没有准备好之前，是决不会分裂的。首先是一些原生质流出壳口之外，形成一个瓮形，并且保持不动，直到其表

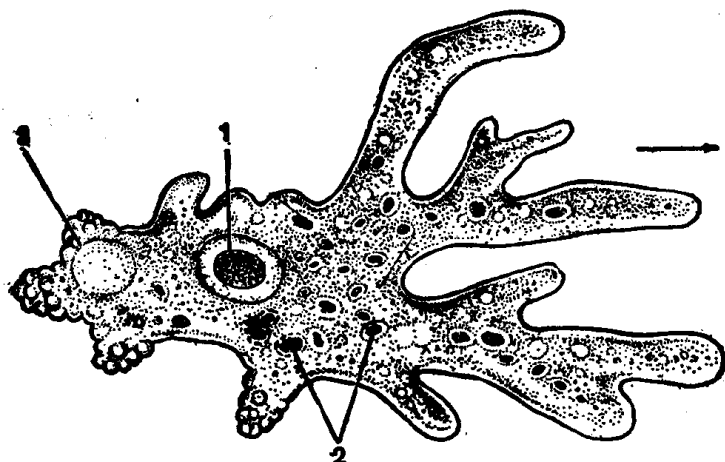


图 1 变形虫属 *Amoeba* (变形虫 *Amoeba proteus*).

箭头所指为蠕动方向

1.细胞核, 2.食物残渣, 3.收缩性液泡, 其有规律的收缩可以压出不断渗入机体内的水, 纵向长度为 0.5 毫米, 光线好时, 肉眼可以看到一个极小的白点。

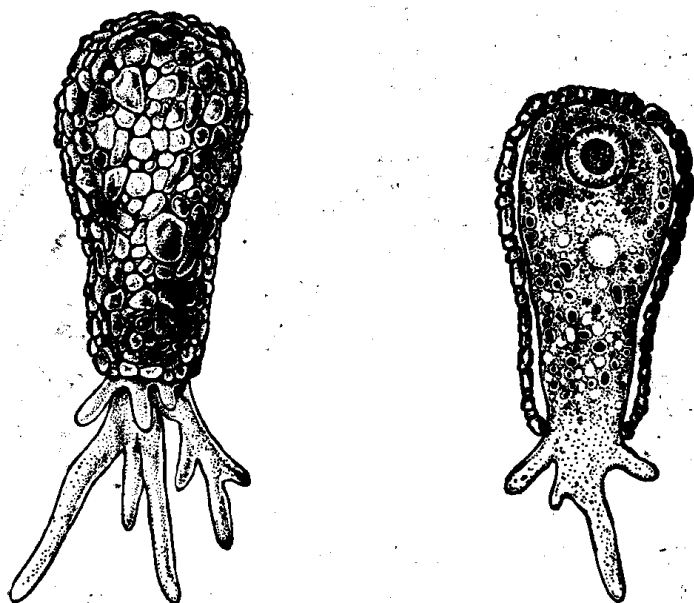


图 2 梨形沙壳虫 *Difflugia pyriformis*

右图是纵向剖面。这种变形虫用沙粒在它四周修筑了一个套子, 即外壳。

面的新保护壳已初具规模时，才分成两个子体，每个子体带一个微型住房缓慢地移开。

除摄取食物外，还摄取不消化的微粒，并用来修建圆筒形“房屋”，这种方法在动物世界中是非常稀奇、无与伦比的。在与变形虫和沙壳虫有密切联系的另一类群中，大的和多种多样的海生有孔虫目 Foraminifera 方法又各自不同。有孔虫目修建其石灰质的壳套。这些微小的建筑者体内的原生质能够吸取溶解在海水中低浓度（约为0.35%）碳酸钙（ CaCO_3 ），进一步将其浓缩，使它们凝结成象方解石（石灰石）那样的特殊形状。大多数的种在它们分裂之前，要长到比它们原先的大小大出许多倍。它们开始有一个单一的腔，后来增至很多（图3）。这些腔室之间有壁，即

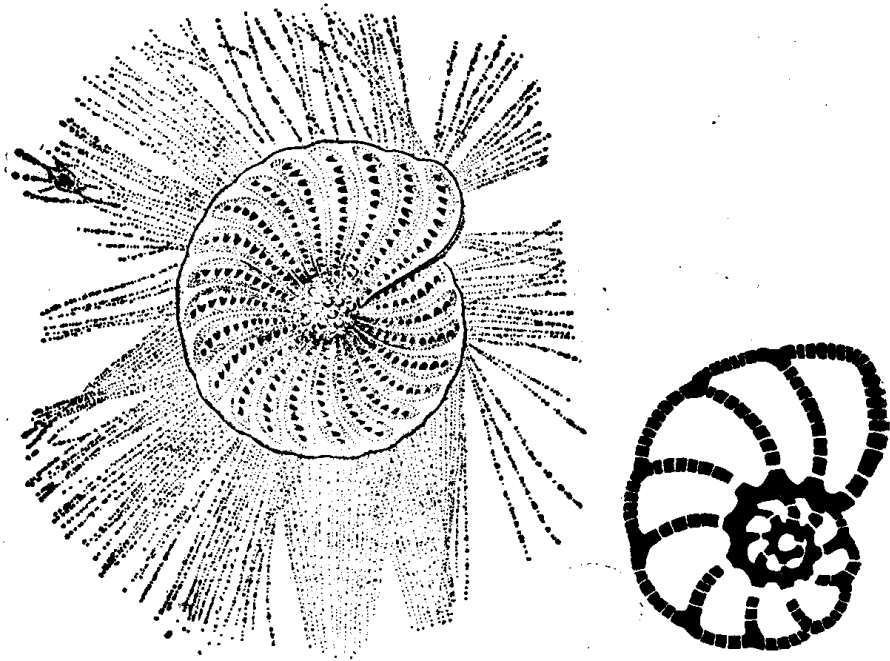


图 3 有孔虫目的多口虫属 *Polystomella*

左图：一个微小的活体，里面充满了原生质，外面覆盖着壳套，伸出细丝，即伪足。图中，这些细丝捕捉了一个极小的有机体，它将被原生质消化。

右图：钙质壳横断面图解。腔室之间的分隔，即隔膜和外壳都穿有小孔，直径约1毫米。

隔膜分隔，而且它们的外壁常常穿有很多小孔，因此称之为“有孔虫目”(拉丁文 *foramen* 的意思是“孔”，*ferre* 是“打穿”)。这些腔室里的原生质通过分隔壁上的孔相互贯通，同时伸出纤细而精巧的分枝伪足寻找食物。增殖要准备一段时间，先由细胞核进行一系列的再分裂，最后原生质也分成很多小份，作为单个的单核子体离开旧壳，再开始修建自己的小屋。在有孔虫丰富的沙岸附近，人们常常发现，原以为是沙粒的许多微粒，放大时才知道是有孔虫的壳。一克沙粒那么大的体积，可以容纳五万个壳。在世界的有些地方，它们的遗留物在地球历史的进程中积累得那么多，以至构成了某些地层的基本成分。

不需用放大镜也能认识有孔虫属的化石，并以此为钱币虫灰岩命名，因为它们中有一些直径达到6厘米。这类巨大的单细胞机体生活在第三纪，大约五千万年以前。

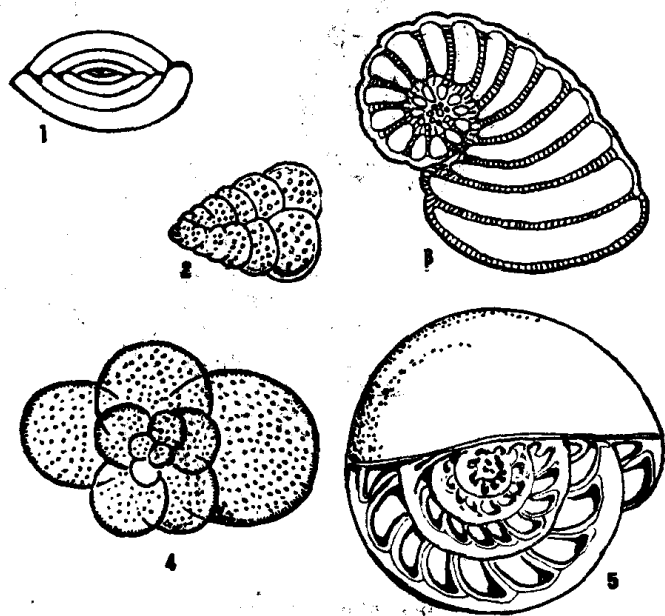


图 4 有孔虫壳多样化形态的几个实例

1. 粟孔虫 *Miliola*, 2. 纺织有孔虫属 *Textularia*, 3. 马刀虫属 *Peneroplis*,
4. 球房虫 *Globigerina*, 5. 钱币虫 *Nummulites*, 钱币虫的外壳切开一部分，以显示其内室。

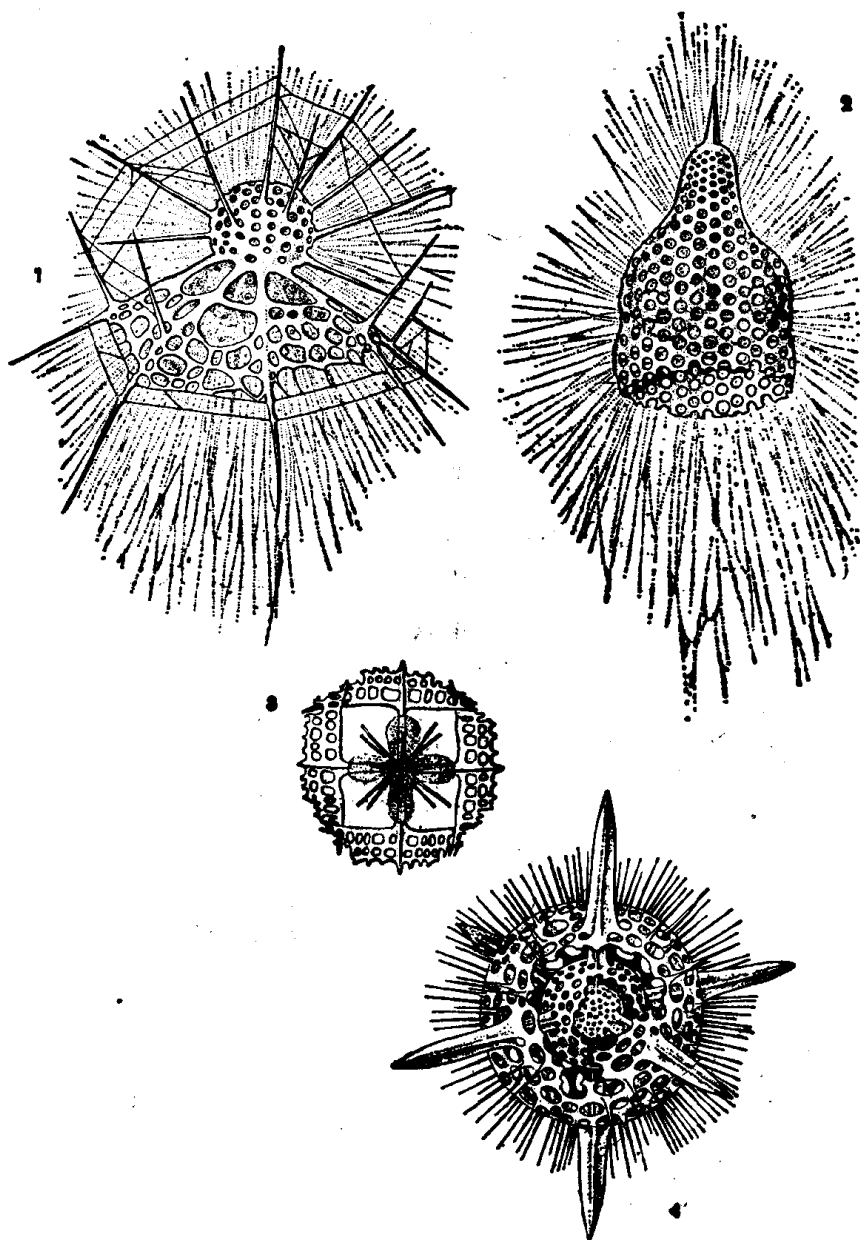


图 5 海生放射虫的美丽的硅质骨骼

1. *Arachnocorys circumtexta*, 2. *Eucyrtidium cranoides*,
3. *Lithoptera müller*, 4. *Actinomma asteracanthion*.

以上依恩斯特·哈克尔 (1862) 命名

骨骼 1 和 2 嵌入透明的原生质里, 从其表面伸出伪足到周围的水中, 3 的原生质在死亡过程中业已缩回骨骼之内; 4 仅仅展示骨骼, 其结构外壳已部分切开, 以便于揭示其内部腔室。

形态多样的有孔虫的壳在图 4 中已作说明。它们的外形因种不同而有差异，从而使人想到，构成它们的原生质也存在着类似的种的差异，然而，造成骨骼形状上这种差异的内力的实质，是生命领域中许多未解之谜中的一个。

在其他类群中，种间的差异可能更加显著。有孔虫的近亲放射虫 *Radiolaria* 就是如此。它们组成流动的暖海浮游生物的一部分，它们从海水中吸取的物质不是石灰质而是二氧化硅，而海水中的二氧化硅的浓度甚至比石灰质还低。它们用这种材料在体内形成美丽无比的保护和支撑结构〔很多年以前，伟大的 19 世纪生物学家恩斯特·哈克尔在《放射虫》(1862 和 1887) 及《大自然的艺术形式》(莱比锡，1889) 这两本书中描写了它们丰富多采的精巧形式〕。从化学方面来说，这种硅质骨骼象玻璃，所以是一种比有孔虫钙质骨骼更精美的物质。它们的形态可以称得上绚丽多姿。尽管有些种的骨骼仅仅由一些托叶松散附聚而成，但大多数种却形成了类似小头盔或者球形结构，这些球形结构经常是纵横交织的，以及许多其他形状的复杂结构(图 5)。

当细胞分裂时，松散的骨骼托叶可以转移给子体，但结构球形体或其他坚硬结构则不能分开。经常是两个子体中的一个继承整个骨架，而另一个就什么也得不到，只好从头开始修建。有时，这种动物分成许多小子体，就象有孔虫那样。这种情况发生时，每个子体就为自己修建一个新的房屋，被抛弃的骨架即慢慢沉入海底。鉴于这类动物的漫长的年龄(可以倒推至前寒武纪，约七亿年以前)，它们的结构又经久不坏，因此毫不奇怪，它们的骨架就构成了世界有些地区的热带海底的主要成分。

2. 海 绵

从极小而又精美的原生动物谈到海绵，似乎显得很荒唐，因为杂货店里出售的那种海绵看来和放射虫完全不同。它们的体积

相当大，而且曾构成了这种动物的支撑骨架。它们活着时，总是牢固地附着在浸没于海中的岩石上。海绵采集者常在30米或更深的海水中采集它们。新鲜的海绵摸起来又粘又滑，其柔软的身体为渗透和包裹着弹性多孔骨骼的无数细胞所组成，这种骨骼的材料叫做“海绵硬胚”的角质物质，这个名称反映了这种物质的来由，但没有向我们说明其化学性质，事实上，它是蛋白质组成的。而海绵的其他属种却用钙质或硅质物质构成它们的骨骼。我们注意到这和有孔虫及放射虫具有相似性，特别在其钙质或硅质托叶首先也在细胞中形成这一点上更是如此。但不久这些托叶长得比产生它们的细胞更大，其他细胞依附其本身，并分泌更多的原料，这样，就可以产生射线型、扇型组托叶以及其他多种型式，如球型、十字型、锚状型等等。有些海绵的支撑托叶相互胶结，形成一种坚硬结构，比如说深海海绵偕老同穴 *Euplectella aspergillum* 就是这样。从它牢牢依附在海底的茎部算起，它可以长到半米高。在海岸附近的汹涌波涛中，它那玻璃杯状的身躯很快就会破碎，这就是为什么只有在深水中才能找到这种动物的原因。

3. 珊瑚虫大厦

珊瑚虫的分化比海绵要稍大些，但它们躯体的总轮廓仍然很简单。淡水珊瑚虫（水螅）基本由一纤细的有几厘米长的管子组成，其封闭的一端紧贴在某种物体的表面，如水草的叶子上，而在游动的一端围绕着中心孔长出一触手，这个中心孔既是嘴又是肛门（图6）。整个管子的内部是一个胃。触须装配有微小的毒器（刺细胞），使水螅能杀死和吞食对它来说较大的食物，例如极小的蚤属和剑水蚤等甲壳动物，其孔能够张得很大。

海洋隐匿着很多种更大的珊瑚虫。海葵 *Actinia* 属于珊瑚虫纲，即开花的动物。的确，这种动物栖于海底，顶上触手象花瓣一样撒开，躯体五彩缤纷，所以与其说它是贪得无厌的动物，不

如说它是朵朵鲜花。海葵体内没有任何东西是硬的，而珊瑚虫纲的其他种，如珊瑚虫，就形成了钙质骨骼。

图 7 右上角的图片展示了一个单个的动物。它从其底面分泌一种钙质物质。底面的皮肤显出很多挤压褶皱，从而形成了一种精巧的罗纹图案。其骨骼不同于原生动物和海绵，不同之点在于它是一种外部骨骼。珊瑚虫用一种钙质山形墙来装配自己，这种墙渐渐愈升愈高。过着孤独生活（仅仅少部分是如此）的珊瑚虫的骨骼，一概由这种山形墙组成，它从下往上愈来愈宽，因为这种珊瑚虫在它一生中既长大又长宽。石芝属动物直径可达 25 厘米，它们是栖息在庄严的山形墙上的巨大的珊瑚虫。

其它种的珊瑚虫在生长过程中，分裂成两个个体，每一个都着手构成它本身的骨骼。连续不断地分裂造成一个富有特色的矮树珊瑚结构（如图 7

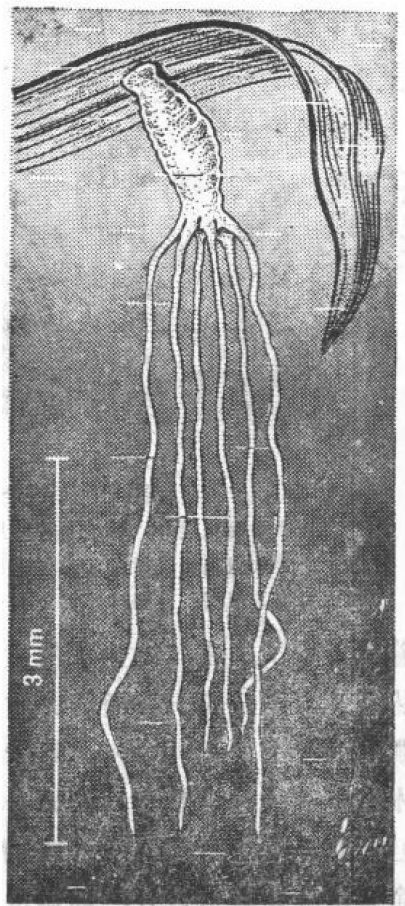


图 6 淡水珊瑚虫
(水螅属 *Hydra*)

所示)。这张图的上部是分裂过程中的珊瑚虫：刚刚分成两个，骨骼也才形成；而其他珊瑚虫却早已分枝。虽然珊瑚虫的大多数种组成的群体更大，个体也很密集（这种群体类型的详情如图 7 所示），但其本质是相同的。相邻珊瑚虫的体壁和内腔仍然是连接的，所以，当它们柔软的躯体一分枝，躯体所形成的骨骼紧接

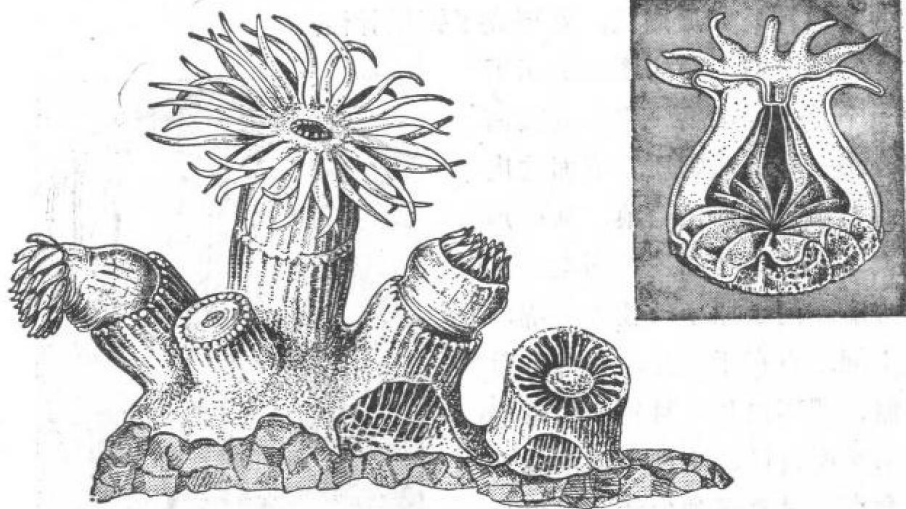


图 7 一个珊瑚群体的小侧面

一个珊瑚虫展开，两个未完全展开，一个完全收缩，下面右边的一个为软组织去掉后的骨骼。山墙直径大约 8 毫米。右图为一个珊瑚虫的横断面图。骨骼底部的下侧分泌出石灰，因此，在珊瑚着生地形成山墙。

着就形成了。在向上生长的过程中，珊瑚虫得不时拔起其下端，然后就着手分泌一个新的钙质圆盘，从而形成一个横层，这样，珊瑚一年中可长几厘米，终于发展成成千上万，甚至上百万的个体所组成的巨大集团。珊瑚个体很小，其直径通常为 0.5—1 厘米，但它们连续不断地生长繁殖，而且一个群体的寿命可长达几十年除通常分裂繁殖之外，珊瑚虫还进行有性繁殖，这就使之能放出游动的幼体群，以形成新的群体。它们的形态可能有相当大的变异，因为其分裂方式，或者说“发芽”，具有种间差异。有些珊瑚结构的分枝是紧密的，另一些分枝却是松散的；有些构成圆形的大厦，一些形状类似圆盘，另一些宛若灯台，澳大利亚堤礁的珊瑚礁，就表现了这种多样性，它显示退潮时暴露的一小部分珊瑚礁。珊瑚虫完全缩了进去，它们的骨骼象为一层细嫩的皮肤所覆盖。它们靠分泌大量粘液状物质，以保护它们自己不致脱水，并能经受住几小时在空气中的暴露，而不受到任何伤害。一到涨潮，