

# 古生物学

paleontology

gu sheng wu xue

## 分 科

传统古生物学偏重于对古生物化石的分类描述。通常分为古植物学、古动物学(包括无脊椎古生物学和古脊椎动物学)以及微体古生物学。其中微体古生物学分出一个独立分支孢粉学,近年来又分出一个新的分支超微古生物学,以超微化石为研究对象。超微化石指光学显微镜不能辨别,需用电子显微镜研究的微体化石,一般长径在 10 微米以下。

在描述古生物学资料积累的基础上,近代研究逐渐向生物学方向转变,称为近代古生物学或理论古生物学(Paleobiology)就目前发展水平,已形成的分科大致如下: 进化理论:如综合理论,即现代达尔文主义;间断平衡论。 系统学与分类学:包括综合分类学派,分支系统学派,数量分类学派等。 形态学:特别是功能形态学和建造形态学。 古生态学及古遗迹学。 古病理学。

古生物学与地质学、化学、物理学、数学、遗传学等结合,又形成下列学科: 生物地层学和生态地层学; 古生物地理

学；数理古生物学；古生物化学；分子古生物学；生物矿物学；化石岩石学；古仿生学。

其中古生物化学、分子古生物学及生物矿物学也被视为现代古生物学的一部分。

## 研究方法

古生物学的研究对象是化石。对化石的研究包括野外和室内两个阶段。野外阶段主要是采集标本和收集观察资料。采集和观察总的要求是量多质好，具体要求随研究任务而定，例如作生物地层研究，就要求选择良好剖面，逐层寻找和采集化石，同时进行测量，逐层观察并记录岩性和化石产出情况，同时对岩石、化石标本进行编录包装。如果是作古生态研究，除一般生物地层工作外，还要着重观察收集古生物的分布、埋葬、群落结构等资料，往往要在野外进行定量的采集和观察并多作素描和照相。室内阶段包括对化石的鉴定描述和专题研究。鉴定描述包括磨制、修理、鉴定、照像、描述等一系列程序，所使用的分类法和描述程序与生物学相同，命名法（二名法、优先律等）也遵循“国际动（植）物命名法规”的规定。在此基础上，再进行某一学科方向的专题研究。

## 研究内容

古生物的进化古生物是地史时期的生物，也遵循达尔文

进化论的原则。进化论所指明的进化方式 分支进化、阶段进化、辐射适应、趋异进化、趋同进化、平行进化、动态进化等同样适用于古生物。除此以外,古生物进化有自己的规律和特点。比较重要的规律有: 不可逆律,为比利时古生物学家 L.多洛所提出。它指出,无论是生物体或其器官,一经演变再不可能在以后生物界中恢复,一经消失也不可能再在后代或别处重现。例如,鱼类演化为陆生哺乳类后,一部分哺乳类又回到海洋成为鲸类,但鱼的鳍、鳃等都不能在鲸类中恢复,鲸类只能靠肺呼吸并以演变的四肢和尾起鳍的作用。根据不可逆律,在较老地层中已经绝灭的化石物种,在较新的地层中不会再出现,不同时代的地层中必具有不同的化石生物群。把层序律和不可逆律结合起来,就构成利用古生物学方法确定地层时代和划分地层的基本原理。 相关律,为法国古生物学家 G.居维叶所提出。它指出,生物体的各部分发展是相互密切联系的,某部分发生变化,也会引起其他部分相应的变化。这是因为对环境的适应必然影响到许多方面。例如哺乳类对肉食适应会引起牙齿的分化(适应于撕咬)、上下颌强化、感觉敏锐、四肢强壮、趾端具爪等一系列相关的变化。根据相关律,应用比较解剖学的知识,可以从通常保存不完整的化石资料复原其整体,并可据以推断其生态习性,以恢复古环境。 重演律,为德国生物学家赫克尔所提出。它指出个体发育是系统发生的简短重演。根据重演律,可以从个体发育追索生物所属群类的系统发生,从而建立系谱,有助于正确分类。例如,将某些单体四射珊瑚从幼年期到成年期顺序切

片观察,可看到内部构造初期为单带型,继之为双带型,最后变为三带型。这说明三带型四射珊瑚的系统发生经历了从单带型到双带型到三带型的过程。

**进步性进化** 古生物的进化有宏观上的不断进步和阶段性进化的特点。进步性进化指生物界历史总的是由少到多、由低级到高级、由简单到复杂的趋势。哈兰等(1967)根据2526个属以上类别的时代分布统计,从寒武纪时的几十个增至现在的1000多个。植物、无脊椎动物、脊椎动物分别呈现同样趋势。在16个主要门类中,除裸子植物门、软体动物门、腕足动物门和爬行纲外,均呈分异度增加,由低到高、由简到繁的趋势(陈世骧,1978)。

**阶段性进化** 一系列短期的突变(间断)与长期的渐变(平衡)交替发生的过程。突变是由于旧门类的大规模绝灭和紧接着的新门类的爆发式新生和辐射适应;在新门类产生后,可以有一长期的稳定发展的渐变期,直至下一个间断。大规模绝灭是指许多门类在地球上大部分地区在同一地质时期内绝灭。在隐生宙末,伊迪卡拉动物群的消失代表一次大绝灭。在显生宙,有人统计共有6次大规模绝灭(寒武纪末、奥陶纪末、泥盆纪末、二叠纪末、三叠纪末、白垩纪末)。其中二叠纪末的一次最为剧烈。每一次大规模绝灭,属的交替达百分之数十,种的交替更大,可达90%以上。它们与紧接的新门类辐射适应相结合,构成地史上划分相对地质年代的基础。关于大规模绝灭的原因,可大致分为生物界本身(竞争、攫食、营养源、营养区、营养水平的改变等)的原因、球内(温度、

盐度、气候、氧、浅海、大陆架区等的变化等)的原因和球外(辐射、撞击、磁场改变等)的原因。近年来,认为由于球外星体撞击,激起尘雾,造成蔽光、致冷、毒化等综合影响,引起白垩纪末大规模绝灭;以及由于板块拼合,大陆架区大海退引起二叠纪末大规模绝灭的说法相当流行。

**古生物的分类系统** 古生物的分类阶元与生物学相同,即界、门、纲、目、科、属、种,其间还有一些辅助单位如超科、超目、超纲、超门(生物学称总科、总目),亚种、亚属、亚科、亚目、亚纲、亚门等。古生物物种的概念与生物学物种相同,但由于化石不能判断是否存在生殖隔离,故更着重以下特征:共同的形态特征;构成一定的居群;居群分布于一定地理范围。根据以上特征判明的化石种,被认为是自然的生物分类单元,具有客观性。但是往往有些化石种仅根据生物体的某些部分(如植物叶片)的形态确定;或经详细研究发现在同一种名下记述了分属于不同分类单位的部分生物体;或同一分类单位具有几种形态(如性双形现象),但已被分别给予独立的种名。这些种叫做形态种,以区别于自然单元的种。属也有同样情况。另一不同点是,现代生物学分类中最低单位只有地理亚种,而古生物学分类中还有年代亚种,它是指同一种内,在不同时代分布上其形态特征不同的种群;年代亚种进一步发展,则成为年代种。

**功能形态学** 根据骨骼形态判断功能。其基本原理是:绝大部分形态是适应的结果,是有功能的,这些功能可根据形态通过科学论证方法推断出来。例如,头足纲的隔壁与外壳

的交界线 - 缝合线,在演化过程中其褶皱越来越复杂。对其原因曾提出 3 种假说: 褶皱增加壳的强度,以抵抗迅速浮沉时造成的压力差; 褶皱部分为肌肉附着处,肌肉伸缩使动物体进退以改变全壳比重,调节升降; 外套膜褶皱增加分泌气体和液体的面积,调节升降,隔壁褶皱是外套膜褶皱的结果。根据 3 种假说分别推断应有的合理表现,并与缝合线的地史演变、个体发生相验证,证明后二假说不能成立,第一种比较合理,这就弄清了形态 缝合线褶皱的功能。功能形态学研究可以推广到古生态、古环境的推断,如近来有些人主张恐龙不是变温动物而是热血动物,就是根据功能形态学作出的判断。

**建造形态学** 德国古生物学家 S. 赛拉赫等人从功能形态学进一步发展而提出的。认为生物骨骼的形成基于 3 个要素: 历史因素,即系统发生,通过繁殖决定生物体的基因型,也就是决定生物体及骨骼建造有哪些材料; 功能因素,即适应,通过对居群和物种的自然选择决定生物体及骨骼建造的方向; 形态发生的因素,即生长,通过生物化学过程决定生物体及骨骼生长的方式。例如现代马蹄的建造过程取决于:

适应于在草原上奔跑的需要,其祖先是三趾的,在个体的形态发生过程中,其他趾退化,而中趾发育成蹄。据此,可以反过来由骨骼的建造形态来推断系统发生、环境和形态发生过程。

**古病理学** 是关于化石遗体中病理现象的科学。大多数限于脊椎动物中,已知的有:生长过速、牙齿畸形和龋齿、骨折

及骨痂、骨疽、新关节增生、牙瘤、角弓反张、骨瘤、骨软化症、骨髓炎、骨膜炎、骨关节炎、骨骼及颌部肥厚、脊椎变形、骨结核等病理现象,主要见于恐龙和哺乳动物中。植物与无脊椎动物的病理现象亦有报道,例如软体动物中的寄生物病。

古生物地理学 研究古生物的地理分布。近年来发展迅速,被广泛应用于古地理和古环境的重建、板块运动历史以至矿产形成分布的探讨。目前主要研究内容是各时代的古生物地理区系,目前全世界显生宙各纪的区系已初具轮廓。区系一般分为大区或域 ( realm )、区 ( region )、分区或省 ( province ),也有进一步分为亚省 ( subprovince ) 和地方中心 ( endemic center ) 的。区系的划分根据各家不一,一般大区 and 区的划分比较注重纬度、温度控制和地理阻隔控制,而较低的区系单位中,生物群落的不同往往起重大作用,因此和古生态学相重叠,瓦伦丁 ( 1973 ) 把古生物地理学视为洲际一级和全球一级的古生态学。

古生物地理学除了研究区系外,还应研究古生物的扩散、分布、迁移、隔离、混合等现象,这方面工作正不断深入。近年来与间断平衡论和分支系统学相结合,兴起了替代分化生物地理学,它认为生物的分布不是由起源中心向外扩散的过程,而是一个祖先类群由于地理隔离分支为两个姐妹类群的过程,分支点在系谱上代表祖先类群,在地理上代表阻隔。其分析方法与分支系统学一样,即寻找某两个地区之间的关系更近于与任何第三地区的关系,从而建立生物类群各分布地区间相互联系的密切程度 ( 历史顺序 )。

**数理古生物学** 数理方法现已被应用于古生物学各领域。目前应用较多的方面有:应用数理方法和电子计算机进行化石鉴定、描述和统计;应用数理方法如单变量、双变量分析及相应的座标图进行居群变异、居群动态的研究;数值分类法;定量古生态学等。

**古生物化学** 研究与古生物活动有关的化学过程及其产物。这大致有两个方向:一个方向着重研究化石与沉积岩中的有机质,将它作为化学化石以探索地史中化学有机物演变规律。在最古老岩石中寻找和研究这种化学化石,对探索地球上生命起源有重要意义。另一方向是研究古生物骨骼的化学成分,特别是其矿物组成、痕迹化学成分及同位素成分。这些成果可用于研究:海水水化学演变史;海水古环境参数(盐度、温度)的测定;碳酸盐岩等以化石作为主要成分的岩石化学及成岩作用;化学旋回史;以骨骼化学为基础的生物分类;骨骼形成过程;应用化学演变进行年代地层学研究;富集于有机物中的稀有元素(铀、镍、钒、钴)矿产的形成分布规律等。

**分子古生物学** 研究古蛋白质分子及其分解产物,确定古氨基酸的排列顺序,从分子水平上探索古生物进化、遗传及化学成分等。对氨基酸外消旋作用的测定已应用于绝对年龄的测定。

**生物矿物学** 研究生物产生无机物晶体及不结晶的有机物、无机物物质以组成骨骼的过程与结果。一方面研究骨骼的矿物成分以及它们的形成机理,另一方面研究骨骼的微细

构造(多角柱、交错薄片、珍珠层、均质层等)。其研究结果用于:古生物的微细构造分类及其演化;推断古海洋环境因素及其变迁史。

古生物化学、分子古生物学和生物矿物学的研究领域有局部重叠。

化石岩石学 主要是化石碳酸盐岩石学。近代研究说明碳酸盐岩的生成经常与生物作用有关,这包括造粒(骨骼颗粒、鲕粒、粪粒、核形石、凝块石等)、造泥(藻或无脊椎动物骨骼的分解产物是现代灰泥的主要来源)、造架(珊瑚、叠层石、海绵等形成岩石格架)等作用。碳酸盐岩的改造亦经常与生物化学作用有关,生物的碳酸钙骨骼所含成分(如镁)及结构(方解石、霰石等)在地史中有演变。它们通过溶解、交代、重结晶等对成岩作用发生影响。这是造成古代碳酸盐岩成岩作用与现代不同的一个重要原因。钙质化石现被视为重要的岩石成因标志,薄片研究中化石则成为确定古碳酸盐沉积环境最好的方法之一。

古仿生学 探索模拟古代生物的生理结构优点,为现代工艺设计提供有益借鉴。例如根据栉龙类的重叠牙序列已设计出一种二重钻头;鸭嘴龙类交错排列的多排牙齿(达400~500颗)不断替换,可用于研磨、破碎装备的设计等。

## 应 用

古生物学担负着为地质学和生物学服务的双重任务。

为地质学服务 建立地层系统和地质年代表 这是古生物学在地质学中应用最广、成效卓著的方面。根据地层层序律,生物演化的进步性、阶段性和不可逆性,经过数十年的努力,在 19 世纪建立了从前寒武系到第四系的地层系统和相应的地质年代系统。20 世纪以来虽然发展了放射性年龄测定法及其他手段,生物地层学方法仍是确立各级地层单位的主要手段。与地质年代中代、纪、世、期相应的地层单位为界系、统、阶。例如把爬行动物、裸子植物、菊石类的繁盛时代划为中生代,其中恐龙类与菊石亚目极盛的时期为侏罗纪;早侏罗世以 *Eoderocerataceae* 与 *Psilocerataceae* 二个菊石超科为特征;其中赛诺曼期以白羊石菊石科为特征。期以下还可以分出若干菊石带。

划分和对比地层 这方面的研究称生物地层学。生物地层学方法中,历史最久的是标准化石法。标准化石须具备下列条件:存在的地质年代短,以便精确地确定地层年代;地理分布广泛,以便易于找到并可作大范围的对比。例如前面提到的白羊石,在欧亚各地古地中海区都能找到,是赛诺曼阶的标准化石。在使用标准化石法时,应注意任何化石都有在时间上发生、繁盛、稀少、绝灭的过程和在空间上起源、迁移、散布的过程。前人及文献中所规定的时代及地理分布需要根据具体情况而修改,不能生搬硬套。还要注意一个生物群中的各类化石都有不同程度的地层意义,不能忽视整个生物群面貌,而仅根据少数标准化石来判断地层年代。

除了标准化石法、百分统计法等外,近年来发展了许多生物地层学新方法,如生态群落对比法,数量(或图解)对比法等。

恢复古地理、古气候 由于适应环境的结果,各种生物在其习性行为和身体形态构造上都具有反映环境条件的特征。因此搞清了化石的形态、分类、生态后,应用“将今论古”的方法,就可以推断其生存时期的生活环境。这方面特别有用的是指相化石,即能明确指示某种沉积环境的化石。例如造礁珊瑚的生活环境为海洋,水深不超过100米,水温在18℃以上,海水清澈,水流平静。因此,如果在地层中发现了珊瑚礁体就可以判断其沉积环境为温暖、清澈的浅海。又如,蕨类植物生活在温暖潮湿的气候环境中,因此在地层中发现大量蕨类植物化石,就指示当时的古气候温暖潮湿。在使用化石恢复古环境时,应注意不少生物在地史时期中其生活环境有演变过程,例如海百合在古生代是典型浅海动物,现则多数栖居深海。此外,不仅指相化石,而且生物群的各种类别以及沉积物本身都有反映环境的意义,须注意综合分析。

研究沉积岩和沉积矿产的成因及分布 许多沉积岩,如某些石灰岩、硅藻土,主要由化石组成,特别是能源矿产(石油、油页岩、煤)主要由动植物遗体转化形成。目前应用古生物学于找矿的主要有以下方面: 根据成矿化石的时代分布、生态特点等,研究矿产的分布规律; 广泛使用微体和超微化石,精确地划分对比含矿层位,指导钻探等; 从古生物化学

角度,研究古生物通过吸附、络合、化合等方式富集稀有金属元素的规律;研究古细菌在矿产形成中的作用等。

在地球物理、地球化学、构造地质学方面的应用 地球自转速度的变化,引起生物生活条件的变化,反映为生物形态和结构的变化。古生物钟即利用生物生长周期的特征计算地史时期地球自转速度的变化。例如现代珊瑚体上一年生长期内约有 360 圈生长细纹,每纹代表一日。在泥盆纪的珊瑚化石上,该生长细纹约 400 圈,石炭纪的为 385 ~390 圈,说明当时每年天数分别为 400 及 385 ~390 左右,这些数据与用天文学方法求得的各地质时代每年的天数大致相同。用双壳纲、头足纲、腹足纲和叠层石的生长线研究也可得出相似结论。通过计算表明,自寒武纪以来,每年和每月的天数在逐渐减少,说明地球自转速度在变慢。

在构造地质学中,应用已变形化石(腕足类、笔石、三叶虫)和同类未变形化石的对比,来求得应变椭球体的形状和方向。

关于板块构造学说,也不乏借助于古生物学的例子,如南方大陆的分裂,可以用在两侧同时找到淡水爬行动物中龙(Mesosaurus)化石为例。在一系列微板块或地体的研究中,更需借助有关的古生物化石作对比依据。

古遗迹学在研究深海沉积形成的地层时很有意义。

为生物学服务 为生命起源学说和进化论提供事实依据。生命起源方面,已知最早的化石资料大致如下:

距今 7 亿年 最早的大化石(伊迪卡拉动物群)

距今 8 亿年	啮草原生动物形成
距今 10 亿年	有性分裂生物形成
距今 15 亿年	真核细胞形成
距今 23 亿年	产氧微生物群落发展
距今 31 亿年	最早的叠层石
距今 33 亿年	最早的化石(南非的古杆菌及巴贝通球藻)

以上过程清楚显示生命在早期发展阶段的进化过程。

古生物学为进化论提供的证据有 3 方面：总的古生物发展史显示生物由低到高,由简单到复杂的总趋势,植物中由菌 - 藻 - 蕨类 - 裸子植物;动物中从原生动物 - 无脊椎动物 - 脊椎动物,脊椎动物中从鱼 - 两栖类 - 爬行类 - 鸟和哺乳类,其形成和繁盛的时代都是按上述顺序相继出现的。在各主要类别之间陆续发现中间环节的化石,证明它们之间有亲缘关系和共同起源。例如介于鱼类和两栖类之间的总鳍类;介于两栖类和爬行类之间的鱼石螈;介于爬行类和鸟类之间的始祖鸟等。在一些具体的类别中建立起符合进化论的系统发生关系,如马的谱系,从开始发生到现在的整个过程已研究得比较清楚,为进化提供了实证。

随着学科间渗透、交叉,古生物学的服务范围已超出地质学和生物学,向着天文学、物理学等方向扩展。

## 发展简史及发展方向

对于化石的认识在中国和西方都已有千年以上的历史。但古生物学成为科学则始于 18 世纪后期, 约有 200 年历史。这门科学的奠基者包括: J. - B. de 拉马克(无脊椎动物学)、W. 史密斯(生物地层学)、G. 居维叶(提出相关律及绝灭、灾变等概念)、C. R. 达尔文(他的进化论为古生物学提供了科学的理论基础, 同时指出了“化石记录的不完整性”这一缺陷)。

从那时以后到 20 世纪中叶的百余年间, 古生物学的主流是描述古生物学和生物地层学。这方面的成就是巨大的。先是西欧、北美, 然后苏联、东欧、日本、中国、印度, 以至世界其他地区出版了大量的古生物和生物地层专著, 为古生物学的综合研究提供了事实基础。这个时期古生物学其他方面的发展不显著, 原因之一是现代生物学(遗传学, 分子生物学)的发展还没有渗透进来, 在地质学中也缺乏能为古生物学指明道路的统一理论格架。

从 20 世纪中叶以后, 古生物学有一些重大的突破: 电子显微镜、特种摄影技术的应用和石油勘探的需要, 使一些新分支飞跃发展起来, 这包括微体和超微古生物学、古生物化学、化石岩石学等; 在大量资料的积累的基础上, 古生物理论工作发生飞跃, 最早是辛普森和迈尔基于遗传学和进化论对古生物进化理论的综合。60 年代后, 由于板块理论为古生物学提供了统一的全球地质背景, 又向古生物学提出要求。

由于生物学上一些新的发展(中性学说、分支系统学等),古生物学在进化论、系统分类学、古生物地理学等方面出现了许多新思潮。形成对传统观念的冲击,出现了一些新的成就,如总鳍鱼类不具内鼻孔而可能不是四足类的祖先等。

展望今后古生物学的发展,有两个趋势是比较明显的:描述古生物学和生物地层学作为一切研究的基础,仍将大规模进行。但重点将从大化石转向微体及超微化石,从定性转向定量;在鉴定描述、摄影显像、储存处理各方面技术上,将有巨大的变化;现代古生物学和古生物学与其他科学的跨学科研究将日益加强。

理论古生物学方面,间断平衡论、新灾变论、分支系统学与替代分化生物地理学结合在一起,总的趋向是否定渐变论,强调突变与渐变的结合,并适当注意灾变。

古生物学与数、理、化、天、地、生六大基础学科的结合以及与地质学分支学科(大地构造学、岩石学、构造地质学)的结合正在形成许多新生长点。

中国古生物学研究开始于20世纪初,比欧美晚了100年,因此目前仍需要大量积累基本资料,描述古生物学和生物地层学工作仍有不可忽视的重要作用,因为它是一切古生物学和地质学研究的基础,并需不断总结提高,力争形成符合中国情况的系统,打破“欧美标准”的生物地层学框框。同时也要大力开展现代古生物学研究,改变只提供素材而缺少理论综合的局面。

## 古植物学

palaeobotany

gu zhi wu xue

研究古代(地质时期)植物的科学,包括古代植物的形态解剖、系统分类、生态、时间和空间的分布以及各门类植物的起源、发展和进化的历史、古代植物区系、各地质时代的植被和它们的演替等。在研究中经常联系到植物形态解剖学、植物分类学、植物地理学、地植物学、植物生态学等方面。在应用上它经常涉及地质学(特别是地层学)、古地理学和古气候学上的问题,有助于寻找矿产和研究含有煤炭、石油等矿产地层的分布、划分和对比。

**研究简史** 1822 ~1837 年 A.布隆尼亚尔在他的“化石植物史”一书中首次建立地质时期植物的分类,将已绝灭的类型与现代的植物加以广泛的比较,奠定了古植物学的基础。19 世纪 40 ~90 年代是古植物学开始昌盛的时期,许多人大量地收集化石,描述古代的植物,对许多已绝灭的植物做了外部形态和内部结构的研究,发现不少目、科,如科达目、本内苏铁目等,并对各地区的化石做了调查。H.威瑟姆是第一个研究硅化植物结构的人。

到 20 世纪初叶 A.纳托尔斯特开创角质层的探讨,对古代裸子植物的研究起了巨大的作用。以前,H.波托尼提出

“苏铁蕨目”(Cycadofilices)的存在,至1905年由于F.W.奥利弗和D.H.斯科特发现种子与茎、叶的关系,“苏铁蕨目”才改名为“种子蕨目”(Pteridospermæ),找到了真蕨植物和裸子植物中间的缺失环节。A.C.苏厄德和他的学生们在20世纪上半纪做了大量工作,对许多古代植物进行描述和内部结构的研究。其他古生物学者对北美、欧洲和北极植物区系进行调查,奠定了古代植物区系研究的基础。1913年R.基德斯顿和W.H.兰发表苏格兰莱尼燧石(Rhynie chert)中化石植物的研究,建立裸蕨目(Psilophytales),指明这是一组最古老的维管植物。后来,新的目不断发现,如开通目(Caytoniales)等。50年代以来,新的目、亚纲,如五柱木目(Pentoxylales)、前裸子植物亚纲(Progymnospermæ)等不断发现,找出一些植物中的缺失环节,对植物系统学起了重大的作用。

近几十年来,在古植物发展史及古植物区系方面积累了大量化石植物的资料。同时,根据古孢粉学资料,在古植被的变化和古植物区系的演替等方面也有较大的进展。在应用上,古孢粉学的建立,对地层学起了巨大的作用。70年代以来,对前寒武纪地层中的微体化石的探索与透射电子显微镜(TEM)和扫描电镜(SEM)的运用,确定二、三十亿年前就有细菌和蓝藻的存在,使古植物学范畴,愈来愈广。

植物化石的类型 压型化石 这是较常见的化石。植物残体埋藏在沼泽、湖泊、河流、海洋沉积之中。经过若干年后,大部分有机质都已分解,留下未分解的部分,被压扁保存,成为化石,如角质层、栓质层等,通常与印模化石一起保存。

**模型化石** 这种化石的有机组织已不存在。植物体仅在岩石上留下外模印痕,经泥砂填充植物体的内腔而留下内膜印痕,保存为化石(例如蕨叶印痕、木贼类和科达目茎的内膜),印模化石在地层中最常见。

**石化化石** 硅质、铁质或钙质溶液渗透到植物组织之中,使植物体或一部分植物体保存为化石,例如硅化植物、钙化植物、煤核(一种钙质或白云质的结核)等。

除以上3种外,还有一种微体化石,保存在沉积岩中。孢子、花粉的细胞外壁含有孢粉素,某些单细胞藻类细胞壁中含有几丁质或假几丁质、硅藻的细胞壁中含有硅质和其他植物的木质部、木栓部、角质层等碎片,经常保存在沉积岩中未能分解,成为微体化石或微化石。

**研究方法** 压型化石可用酸和碱,或舒尔茨溶液(Schulze's solution)处理,有时也用氟酸或盐酸溶解岩石,使紧贴在岩石上的未分解的植物残体从岩石上移离,再用酸和碱或舒尔茨溶液处理,除去聚集在植物残体内外的有机杂质后,在显微镜下观察。

石化化石可用岩石切片机切成薄片,粘在玻片上磨成更薄的薄片后,在显微镜下观察,或切开石化化石,将切面磨光,用盐酸或氟酸侵蚀,洗净后,烘干,涂上醋酸纤维素或硝酸纤维素溶液,再烘干后,将植物组织撕下制片观察。

**分支学科** 古藻类学 研究古代藻类植物。

**古孢粉学** 研究沉积物中或沉积岩中保存的孢子和花粉。

古木材学 研究古代的化石茎干。

古种子学 研究古代的种子和果实

植物分类及各类植物在地质历史上的分布 古植物学研究中很重要的一个方面,即植物分类学的研究及植物系统分类的建立。因为地质历史时期有不少已绝灭的类别,必须把它们与现存的植物统一考虑,才能建立科学的分类体系,反映各类植物间的系统关系。最早曾被分为菌藻植物、苔藓植物、蕨类植物、种子植物四个门,以后随着植物学、古植物学研究的深入,曾提出多种分类方案。但迄今还没有一个被广泛接受的方案。表中仅列出门一级分类阶元,个别门列出纲级阶元,据此,可以参见植物分类的现状(见表植物分类系统)。

## 前寒武纪植物

Precambrian flora

qian han wu ji zhi wu

前寒武纪(5.7 亿年以前)和早古生代是藻类植物的时代。35 亿年前或略早于 35 亿年前到大约 15 亿年的前寒武纪地球上只有细菌和蓝藻。它们都是原核生物。从 15 亿年前到寒武纪(5.7 亿年前)以前地球上除细菌和蓝藻外,已有绿藻、红藻和褐藻。

据一般推测,最原始的生物或许是原始细菌或接近于原

始细菌的生物,它们在 35 亿年前(不早于 38 亿年前)的无氧环境下的原始海洋中,吸取溶解于海水中的有机物为主。后来,在原始海洋中出现最原始的自养细菌,利用太阳辐射能合成有机物。以后,出现光合细菌;它们利用带负电子低分子的铁蛋白和细菌叶绿素为酶进行光合作用。后来,才出现蓝藻。蓝藻利用大气中的二氧化碳,通过叶绿素进行光合作用,制造有机物,使水分子分解,释放游离氧。大约经过 20 亿年之久,还原性的大气才逐渐变为氧化性的大气,喜氧的细菌和真核藻类植物才相继出现。

20

根据化石记录,1966 年 E.S.巴洪和 J.M.夏福从非洲南部 31 亿年前的无花果树群岩石中发现杆状原始细菌。1965 年 E.S.巴洪和 S.A.泰勒在 19 ~20 亿年前的加拿大安大略南部贡福林建造中发现伞状的伞细菌,细胞边缘具放射线的星细菌,球形单细胞的蓝藻呼隆藻和丝状体的蓝藻。有的丝状体蓝藻没有隔膜;有的丝状体是群体,隔膜与丝状体垂直。这些丝状体蓝藻是贡福林藻、阿尼米克藻、古丝藻和古胶须藻。阿尼米克藻与现代的颤藻相似。古丝藻作管状,有分枝,无隔膜。古胶须藻很象现代的胶须藻,藻丝辐射状排列,整个藻团被胶膜包着。

在美国加利福尼亚州南部 13 亿年前的贝克泉建造的白云岩中出现一些类似绿藻的球形单细胞藻类和丝状体的藻类。在 9 亿年前的澳大利亚苦泉层的黑色燧石中出现带细胞核的单细胞绿藻。在 5.7 ~10 亿年前的岩石中出现褐藻和红藻。

## 陆生植物起源

origin of land - flora

lu sheng zhi wu qi yuan

陆生植物指具有维管组织,有根、茎、叶的分化,能在陆地上生活的植物,其中还包括一些从陆地再转为水生的植物。原始陆地植物则专指刚从水域登上陆地,初步适应陆地的生活条件,并在陆地定居的矮小而直立的植物。一般,原始陆生植物的结构比较简单,尚无根、茎、叶的分化,植物体为简单或二分叉的轴状体,繁殖用的孢子囊生于轴的顶端。绝灭了裸蕨植物与只有茎叶和假根,但延续到今天的苔藓植物,都属原始陆生植物。它们可能起源于藻类,尤其可能起源于绿藻。藻类有悠久的发展史,在距今约 3.9 ~4.3 亿年的志留纪,藻类已经历了 20 亿年的岁月。藻类能吸收空气中和溶解于水中的二氧化碳,通过光合作用,分解水分子,以制造碳水化合物,同时放出游离氧。随着时间的推移,空气中的游离氧的浓度不断增加,到志留纪时,其浓度已达到今天的 10% ,初步满足了植物陆上生活的最低要求。其次,距离地面 20 ~40 公里的高空,游离氧被电解成臭氧( $O_3$ ),且聚成臭氧层。臭氧层能吸收或阻挡日光中能破坏生物组织的紫外线,也给原始的陆生植物提供条件。第三,由于氧的存在,使原始陆生植物合

21

学生  
实用  
工具  
书

成木质素,为植物体的直立生活,提供物质基础。第四,在古生代早期,地球上发生了元古代以来,最大的一次地壳运动,称为加里东运动,许多山系在地壳表面升起,而海水相对地退却,出现了潮湿的洼地或沼泽环境,空气湿润、暖和,也为植物登陆创造了条件。由于陆生植物登陆成功,地球表面的色泽起了很大变化。

原始陆生植物和高等植物,都含有与绿藻相同的色素

叶绿素 A、B 和淀粉,它们的游泳细胞,顶端有两根等长的鞭毛,也和绿藻相同。而褐藻所含的色素为叶绿素 A、C,还含有藻褐素、褐藻淀粉、甘露醇,均非原始陆生植物和高等植物所有。且褐藻的游泳细胞、其鞭毛不等长。红藻所含的色素为叶绿素 A、D 和特有的藻红素,还含红藻淀粉。且红藻的游泳细胞不具鞭毛。虽然,有一些褐藻和红藻的植物体相当大,甚至还高度分化,但是所含的色素等均与原始陆生植物不同,其游泳细胞也各异。所以原始陆生植物极可能起源于绿藻。

关于陆生植物的起源,曾有人认为源于苔藓,苔藓则由绿藻演化而来,又有人认为褐藻起源于绿藻,而苔藓则由裸蕨退化而来。现在普遍认为苔藓植物和裸蕨很可能起源于同一祖先。可惜还未找到化石证据,极有可能那样的祖先不能保存为化石。它们的后裔在陆生环境中,向两个不同的方向发展:一是以配子体占优势的苔藓植物发展方向,孢子体不能独立生活,必需寄生于配子体上。这一组植物没有维管组织。另一是以孢子体占优势的裸蕨植物发展方向,配子体简化为原叶体,但能独立生活。这一组植物有维管组织。

## 古生代植物区系

paleozoic flora

gu sheng dai zhi wu qu xi

早古生代为藻类植物时代。到志留纪早期维管植物刚刚出现。早、中泥盆世为早期维管植物时代,石松纲、楔叶纲、真蕨纲和前裸子植物则刚刚出现。晚泥盆世和早石炭世以石松纲和楔叶纲为主,真蕨纲、前裸子植物和种子蕨纲次之。晚石炭世和早二叠世以种子蕨纲、科达目和厚囊蕨目的真蕨为主,薄囊蕨目的真蕨、松柏目植物次之,苏铁目和银杏目植物刚刚出现。到晚二叠世厚囊蕨目繁盛,薄囊蕨目增多,科达目植物亦多,松柏目和银杏目植物增多,进入到裸子植物时代。

泥盆纪植物群 F.A.N.阿尔伯(1921)提出在泥盆纪有两个植物群:早、中泥盆世的裸蕨植物群;晚泥盆世的古羊齿植物群。R.克罗伊泽尔(1937)又提出中泥盆世的叉叶植物群。这3个植物群大致代表泥盆纪3个世的植物群。

早泥盆世植物以早期维管植物为主,最重要的是光蕨(*Cooksonia*)和工蕨(*Zosterophyllum*)。裸蕨(*Psilophyton*)、带蕨(*Taenioocrada*)、*Dawsonites*和古孢体(*Sporogonites*)亦很重要。石松纲的刺镰木(*Devonophycus spinaeformis*)是一种广布于北半球的植物,出现于早泥盆世中、晚期。这种植物

在南半球阿根廷也有分布。工蕨的种在各地都有所不同。在澳大利亚有刺叶木 (*Baragwarathia*)。在非洲南部和阿根廷有原始鳞木 (*Protolopidodendron*)。刺叶木和原始鳞木都是石松植物。

中泥盆世的植物以裸蕨和原始鳞木分布最广。镰蕨和楔叶纲的叉叶 (*Hypnia*)、芦叶 (*Calamophyton*)，前裸子植物的原始蕨 (*Protopteridium*) 比较常见，而戟枝木 (*Aneurophyton*) 刚刚出现。在西德和非洲南部还出现阔叶 (*Platyphylum*)。

晚泥盆世植物中前裸子植物的古羊齿 (*Archaeopteris*) 和石松纲的薄皮木 (*Lepidodendron*) 最为重要。古羊齿广泛分布于北半球。在中国、日本、蒙古、苏联的哈萨克则以拟鳞木 (*Lepidodendropsis*) 和薄皮木为主。在澳大利亚除古羊齿和薄皮木外，还有原始鳞木。加拿大北部和阿拉斯加除古羊齿外有楔叶纲的羽歧叶 (*Pseudobornia*)。北极熊岛有亚鳞木 (*Sublepidodendron*)、圆印木 (*Cyclostigma*)、蹼木 (*Rhacophyton*)、阔叶 (*Sphenopteridium*) 和亚弱楔叶 (*Sphenophyllum subtenerium*)。

石炭纪植物群 早石炭世植物群为拟鳞木植物群。晚石炭世植物群则有欧美植物区和安加拉植物区之分。

早石炭世的植物群早期比较一致，晚期略有分化。早石炭世植物以具有鳞木、拟鳞木、亚鳞木、窝木 (*Bothrodendron*)、古封印木 (*Archaeosigillaria*)、古芦木 (*Archaeocalamites*)、弱楔叶 (*Sphenophyllum tenerium*)、拟铁线蕨 (*Adiantites*)、芹羊齿 (*Anisopteris*)、须羊齿 (*Rhodeopteridium*)、楔

叶羊齿 (Sphenopteridium)、铲羊齿 (Carodopteridium) 和三裂羊齿 (Tri-phylopteris) 为特征。

晚石炭世植物群分为两区：欧美植物区，从北美加拿大和美国东部，经欧洲，而达阿特拉斯山脉、哈萨克斯坦、中国、印尼。以具有鳞木、鳞皮木 (Lepidophloios)、封印木 (Sigillaria)、窝木、楔叶、芦木 (Calamites)、轮叶 (Annularia) 和蕨型叶座延羊齿 (Alethopteris)、脉羊齿 (Neuropteris)、畸羊齿 (Marriopteris)、栉羊齿 (Pecopteris) 和裸子植物科达 (Cordaites) 为特征。很多相同的属种分布在西欧、北非、南达阿特拉斯山脉，经西班牙、法国、德国和中欧到巴尔干半岛、土耳其北部到顿涅茨盆地。在美国分布在堪萨斯、得克萨斯、阿拉巴马，北至密执安，东至宾夕法尼亚和马里兰一带。在中国，晚石炭世以具有脉羊齿、网羊齿、楔叶、鳞木和科达为特征，大多数的种与欧美相同，但出现少数特有属种如齿叶 (Tingia)、贝叶 (Conchophyllum) 等，开始形成华夏植物区。

安加拉植物区，在库兹涅茨克盆地和西伯利亚一带，以具有安加拉木 (Angarodendron)、副芦木 (Paracalamites)、Angaridium、Paragondwanidium、安加拉羊齿 (Angaropteridium)、Rufordia、栉羊齿、脉羊齿和科达等为特征。

二叠纪植物群 舌羊齿植物群出现于南半球冈瓦纳古陆。北半球的劳亚古陆的植物群逐渐分化，到晚二叠世形成安加拉区、欧美区 (大西洋区)、西北美区 (北美区) 和华夏区 4 个不同的植物区。

舌羊齿植物区 包括澳大利亚、南极洲、南美洲南部、非

洲南部、南亚次大陆和中国西藏雅鲁藏布江以南地区。以特有的舌羊齿 (*Glossopteris*)、恒河羊齿 (*Gongamopteris*)、盘叶 (*Raniganjia*)、对囊蕨 (*Dizeu-gothea*)、叉脉蕨 (*Dichotomopteris*)、*Gondwanidium*、匙叶 (*Noeggerathiopsis*)、*Walkeiella* 为特征。裂鞘叶 (*Schizoneura*) 亦为重要分子。缺乏北半球此时最繁盛的鳞木类、芦木类和许多蕨型叶如美羊齿 (*Calipteris*) 等。一般认为本区季节分明, 气温较低, 木材具有年轮。

安加拉区 占有苏联的伯朝拉、西伯利亚、蒙古、中国北部(包括东北北部和内蒙古北部及新疆)与乌拉尔到哈萨克斯坦与欧洲之间的地带。以具有 *Paragondwanidium*、*Angaridium*、安加拉羊齿、*Rufordia*、*Tschernovia*、匙羊齿 (*Zamipteris*)、掌羊齿 (*Iniopteris*) 等特有植物, 并有科达、美羊齿、轮叶 (*Anularia*) 等。木材具有年轮。一般认为本区季节分明, 气温略低。

欧美区 在石炭纪末期乔木型的石松植物鳞木在欧洲逐渐消失, 封印木、楔叶和芦木一直延续到早二叠世。座延羊齿、脉羊齿、栉羊齿在二叠纪继续发展; 齿羊齿和带羊齿也是二叠纪早期本区最特征的植物, 本区早二叠世还以具有美羊齿、歧杉 (*Lebachia*) 和 *Emstiodendron* 为特征。到晚二叠世, 楔羊齿 (*Sphenopteris*)、美羊齿、带羊齿、楔银杏 (*Sphenobaiera*)、鳞杉 (*Ulmannia*)、假伏脂杉 (*Pseudovoltzia*) 分布在英国、中欧、匈牙利、意大利北部和波兰。

欧美区、西北美区和华夏区富产鳞木、封印木、芦木和真

蕨纲莲座蕨目的辉木 (Psaronius), 木材都缺乏年轮, 一般认为季节不分明, 气温较高。

西北美区 在亚利桑那、新墨西哥和犹他州以具有 Suparia 为特征。在堪萨斯出现 Glenopteris。在俄克拉何马和得克萨斯北部具有类似华夏区的大羽羊齿类型的 Gigantopteridium americanum。具有齿羊齿、美羊齿、楔羊齿、脉羊齿和带羊齿。

华夏区 包括中国大部分 (北到甘肃、内蒙古南部、东到东北南部、西达西藏西北部、朝鲜和东南亚一带)。早期具有与欧美区栉羊齿、轮叶、楔叶、脉羊齿、齿羊齿、美羊齿、科达等不少相同的种, 但出现瓣轮叶 (Lo-batanularia)、齿叶、织羊齿 (Emplectopteris)、编羊齿 (Emplectopteridium)、华夏羊齿 (Cathaysiopsis)、单网羊齿 (Gigantonoclea)、枝脉蕨 (Cladophlebis) 和许多带羊齿。晚期具有大羽羊齿 (Gigantopteris)、单网羊齿、瓣轮叶、扇叶 (Rhizophysis) 鳞木等。在北部有掌叶 (Psymophyllum), 在甘肃西部有安加拉分子匙羊齿、掌羊齿的渗入。

## 中生代植物区系

Mesozoic flora

zhong sheng dai zhi wu qu xi

从晚三叠世到早白垩世苏铁目和本内苏铁目最为繁盛,

广布全球。银杏植物和真蕨纲的薄囊蕨也很繁盛。种子蕨纲(除开通目发育于整个中生代外)多繁荣于三叠纪。松柏植物在侏罗纪和白垩纪为数较多,到晚白垩世出现大量现代的属。被子植物出现于早白垩世,到晚白垩世大发展,代替了蕨类、苏铁和松柏植物,进居优势地位。

中生代的植物群大致可以分为3个带。在古生代末期,北半球出现大规模地壳运动,劳亚大陆变得十分干旱。很多湿生植物不能适应新的环境,逐渐消亡。到晚二叠世时劳亚大陆分为南北两带:北带包括哈萨克、西伯利亚和中国北部;南带包括北美南部、东格陵兰、瑞典、欧洲、帕米尔、伊朗、中国南部、东南亚和日本。南半球另成一带,包括南美、非洲南部、澳大利亚和南亚次大陆。

到侏罗、白垩纪,三个带的分化不太明显,但南半球与北半球植物群仍有一些不同。

**三叠纪植物群** 三叠纪早期,北美和欧洲大陆气候干旱,森林植物仅生长在有限的地区。矮小的草本石松植物肋木(*Pleuromeria*)出现于北半球沼泽地与木贼和新芦木(*Neocalamites*)共生。种子蕨(*Neuropteridium*)、松柏类的假伏脂杉(*Pseudovoltzia*)、楔银杏(*Sphenobaiera*)和枝脉蕨(*Cladophlebis*)组成的植物群分布在北半球的干旱植物区。

到晚三叠世,北半球北方出现北带植物群。在哈萨克西部,有以丁菲羊齿(*Thinnfeldia*)、丽羊齿、鳞羊齿(*Lepidopteris*)、鱼网叶(*Sagenopteris*)、拟丹尼蕨(*Danaeopsis*)和一些 *Yuccites* 组成的植物群。在中国北方有一个半干旱植物区和

以种子蕨丁菲羊齿为数最多,木贼、新芦木和拟丹尼蕨十分繁盛,银杏和松柏植物稀少,苏铁植物贫乏和双扇蕨科(Dipteridaceae)缺乏为特征的植物群。

北半球的南带是以具有大量的苏铁植物和双扇蕨科为特征的植物群。本带有苏铁植物的蕉羽叶(Nillsonia)、篦羽叶(Ctenis)、假篦羽叶(Pseudoctenis)、侧羽叶(Pterophyllum)、异羽叶(Anomozamites)、耳羽叶(Otozamites)、肋羽叶(Nilssoniopteris)等。双扇蕨纲有格脉蕨(Clathropteris)、网脉蕨(Dictyophyllum)、奇叶蕨(Thaumatopteris)、葛蕨(Goepfertella)等。松柏植物和银杏植物为数不多,有苏铁杉(Podozamites)、穗杉(Stachyotaxus)、裂银杏(Baiera)等。种子蕨很多。莲座蕨目的蕨类为数较多。欧洲大陆南部此时气候湿热。北美东南弗吉尼亚的植物群亦以苏铁植物为主,但种类与欧洲大陆的不同。北美西南部亚利桑那一带南美杉森林,木材具有年轮,说明那时亚利桑那地方有干季湿季之分。

南半球的植物群,在三叠纪以具有种子蕨Dicroidium为特征。早期在此区舌羊齿比较发展,有时与裂鞘叶、匙叶伴生。晚期Dicroidium和鳞羊齿较为常见。网脉蕨、奇叶蕨、格脉蕨等双扇蕨科植物出现于南美和澳大利亚。银杏植物出现于南美、澳大利亚和非洲南部,有裂银杏、拟银杏(Ginkgoites)和楔银杏(Sphenobaiera)等。苏铁植物出现在南美和非洲南部。松柏类植物有类伏脂杉(Voltziopsis)和Rissika,但比较罕见。

侏罗纪植物群 侏罗纪植物以具有很丰富的苏铁植物为

特征。石松植物的拟石松 (*Lycopodites*) 和卷柏都很少见。木贼类在早、中期还有很粗的木贼和新芦木,到中期以后木贼很细小,新芦木少见。真蕨纲以蚌壳蕨科的锥叶蕨 (*Coniopteris*) 和系统关系不明的枝脉蕨最为常见。双扇蕨科在早、中期还多,晚期较少。马通科有异脉蕨 (*Phlebopteris*)。里白科有拟里白 (*Gleichenites*)。晚期出现水龙骨科的类金粉蕨 (*Onychiopsis*)。苏铁植物有蕉羽叶、篦羽叶、侧羽叶、异羽叶、耳羽叶、网羽叶 (*Dictyozamites*)、毛羽叶 (*Ptilophyllum*)、拟查米亚 (*Zamites*) 和魏立松苏铁 (*Williamsonia*)。与魏立松苏铁相关的是毛羽叶、拟查米亚和耳羽叶。银杏植物有楔银杏、裂银杏、银杏、凤尾银杏 (*Phoenicopsis*)、线银杏 (*Czekanowskia*) 等。松柏植物有苏铁杉 (*Podozamites*)、枞型枝 (*Elatocladus*)、坚叶杉 (*Pagiophyllum*) 和短叶杉 (*Brachyphyllum*)。近代类型的松柏植物紫杉 (*Taxus*)、榧 (*Torreya*) 已出现。种子蕨纲有开通目的鱼网叶。

一般认为侏罗纪气候比较均匀,北达新西伯利亚群岛 (北纬 75°),南达格雷厄姆地 (南纬 63°) 都有苏铁植物的分布。如以今日合囊蕨 (*Marattia*)、马通 (*Matonia*) 和双扇蕨科分布来衡量,侏罗纪的气温确比现代的高。但劳亚大陆的北部西伯利亚、阿拉斯加、新西伯利亚、加拿大西部、西格陵兰一带,银杏植物比较繁荣,苏铁植物比较贫乏。这一带的植物是以凤尾银杏和线银杏为主,代表一个亚热带到温带的植物区。劳亚大陆的南部,从北美南部达科他、怀俄明、新墨西哥西北部、欧洲、中国、日本的植物则以苏铁和本内苏铁为主。

南半球此时亦具有丰富的苏铁和本内苏铁,但银杏植物非常缺乏,没有紫杉科、杉科、松科、柏科的松柏目植物,而具有特有的五柱目(Pentaxylales)。

**白垩纪植物群** 早白垩纪早期的植物群在中纬度一带与晚侏罗世晚期的区别不大。早白垩世石松纲中出现 *Nathorstia*。木贼目的木贼都很细小。真蕨植物有海金砂科和里白科以及拟金粉蕨和双扇蕨科的荷叶蕨(*Hausmannia*)。本内苏铁有拟查米亚、假苏铁和查米苏铁(*Zamiophyllum*)。在北美和欧洲有许多拟苏铁(*Cycadeoidea*)硅化茎。种子蕨纲开通目的鱼网叶还有。银杏植物在早白垩世早期还很发达,但逐渐衰退。

到晚白垩世劳亚大陆北方,包括北美北部、北欧、哈萨克、西伯利亚和滨海省,具有裸子植物银杏、粗榧、榧、水松、水杉、红杉、落羽杉、云杉、松、崖柏和翠柏以及中生代的被子植物桦、槭、榛、山毛榉、栎、荚蒾等。

这带以南的劳亚大陆,南部具有数量相当多的常绿被子植物,耐热的裸子植物,和一些棕榈,北部具有常绿和落叶被子植物以及一些适应于亚热带类型的杉科和松柏植物。

南半球以具有南美杉科、罗汉松科和缺乏杉科、粗榧科、松科和柏科为特征。

## 新生代植物区系

Cenozoic flora

xin sheng dai zhi wu qu xi

从晚白垩世土伦期(距今 9400 万年)开始,被子植物已取代了中生代的蕨类、苏铁和银杏类,而在植物界中占优势,许多松柏类的属延续到现代,因而,新生代植物群以被子植物为主。

第三纪植物群 可以分为 4 个植物区:

泛北极第三纪植物区 在第三纪早期新西伯利亚群岛、西伯利亚北部、加拿大、帕里群岛、巴瑟斯特群岛到北纬 83° 地带具有云杉、松、红杉、杨、柳、桦、榆、和莎草科植物。略南的地区有红杉、落羽杉、水松、水杉、银杏、桦、山毛榉、鹅耳枥、榆、槭、栎、连香树等。

到渐新世气温下降,北方的植物向南迁徙,在美国西北部俄勒冈州有红杉、栎、石柯、榆、苗榆、山毛榉、连香树等。

到中新世北方植物再向南迁徙,分布到中国北方、日本、瑞士、俄罗斯南部、美国加州中部和内华达。中国山东山旺在中新世出现的构、枇杷、梧桐、拐枣、刺楸和葛在那时的欧洲和北美亦有分布,可是现在只限于东亚。

到上新世在北美有少数银杏、水松、连香树和榉,可是现在已不见。在欧洲有红杉。上新世以后它们在欧亚大陆就不出现了。

**古热带第三纪植物区** 在始新世的伦敦粘土中有热带尼帕榈(Nipa),现在它只生长在印度洋区。到晚第三纪无花果、樟向南分布到东南亚和缅甸。在欧亚中纬度地带晚第三纪时温带种有所增加。在印度出现龙脑香科植物。以前出现于古热带第三纪植物区的桉树现已分布到澳大利亚。在印尼爪哇始新世有樟科、豆科、无花果、和柿。新西兰始新世有贝壳杉、泪杉、叶状枝杉 *Phyllocladus* 和罗汉松。在澳大利亚中新世有澳柏松 *Callitris*。在非洲南部第三纪有罗汉松和澳柏松。

**新热带第三纪植物区** 在始新世北美有许多热带植物,如棕榈科、樟科、大戟科和豆科,但没有尼帕榈和龙脑香科。始新世时许多南美北部和西印度群岛的植物向北迁移。美国东南部的中新世和上新世植被与现代的佛罗里达的差不多。

在渐新世美国加利福尼亚州气候温暖,有落叶杉和大叶的被子植物,如五桠果科的 *Tetracera*, 桃金娘科的 *Calyptranthes*。到中新世末期樟科的鳄梨分布在加州中部。

在始新世北美西部有不少大戟科和豆科的乔木植物,现在只有灌木和草本类型。

在阿根廷和智利,始新世有很多樟科植物,并有现代南半球特征性的植物,如夹竹桃科、秋海棠科、桃金娘科、茜草科、

南美杉和罗汉松。始新世以后在南美新热带第三纪植物群向北迁徙  $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。

在渐新世和中新世秘鲁的植物可以分布到巴西,可是现在不太可能。E.W. 贝里认为在上新世以后,安第斯山已上升了 5000 英尺。

**南极第三纪植物区** 南极洲的西摩岛(南纬  $64^{\circ}$ ) 在始新世有南美杉、罗汉松和泪松以及现在分布在南半球的被子植物木兰科的室木 (*Drimys*)、山龙眼科的奈特山龙眼 (*Knightia*)、秘鲁肉豆蔻 (*Laurelia*)、拟山毛榉 (*Nothofagus*)、*Monimiacaceae* 等。在南美南角以北,老第三纪植物群中亦有南美杉、罗汉松、拟山毛榉、奈特山龙眼和秘鲁肉豆蔻。在南纬  $49^{\circ}$  克尔盖伦群岛老第三纪有南美杉和罗汉松。澳大利亚的新南威尔士(南纬  $35^{\circ}$ ) 在始新世有樟、桉、海桐花、亦有拟山毛榉、南美杉和山龙眼科的 *Lonatia* 和臭茜草 (*Coprosma*)。

**第四纪植物群** 第四纪冰期气温下降。很多北方的植物向南迁徙,如加拿大云杉 (*Picea glauca*) 出现于美国路易斯安那,山区植物也向平原下移,如中国陕西秦岭山区的青杆 (*Picea wilsonii*) 在晚更新世冰期出现于渭南丘陵地带,在更新世,马尔维纳斯群岛还有罗汉松和肖楠,指示那时间冰期的气候比现在的温和,现在该地已无树。

## 无脊椎古生物学演

invertebrate paleontology

wu ji zhu i gu sheng wu xue

古生物学的分支学科,它以地质学和生物学的基本原理和研究方法为基础,研究地球历史中生命的形成、发展和演化。又称古无脊椎动物学。

无脊椎古生物学的研究对象包罗了动物界中除脊椎动物以外的所有生物:有最原始的以纤毛或鞭毛运动的单细胞生物;也有组织和器官分化得相当完善的不同门类的动物;还有一些目前分类位置尚有争议的门类如牙形石,甚至包括了目前所知甚少的古怪的动物,如疑源类和一些小壳化石。尽管无脊椎动物各门类之间生物构造差异很大,但是从总体来看它们反映出由低级到高级、由简单到复杂这样一个演化过程。

无脊椎动物作为化石而言具有其他生物无可比拟的地质学意义:显生宙以来的化石记录无论是丰度还是分异度都以无脊椎动物居首位;地质时间表主要是依无脊椎动物化石而建立的;通过各个不同类别的无脊椎动物化石在岩层序列中的相对位置,经过仔细的综合分析而确定它们在地史时期

的延续时间。按照动物化石的层序及由此而产生的相对地质时代的概念,可以从显生宙以来的地质记录中识别出一系列地质单位系。基于古生物建立的相对地质时代和基于放射性测定而制定的绝对地质时代,共同构成地质历史的格架。由于地史中大多数沉积都是海相或浅海相的,无脊椎动物几乎全部都是以海洋为生活环境,它们的化石记录通常能反映出它们生存时的自然环境,不同生物类别相互间的依存和竞争关系,虽然化石记录从一定程度上来看很少有完整的,但它们是了解生物的形成、适应、辐射和演化唯一的直接证据,也是了解和恢复地史发展和变化的必要途径之一。

已知最古老的动物化石在大约距今 6.5 亿 ~7.5 亿年间形成,普通确认的产地有澳大利亚、非洲、加拿大、英格兰、苏联和美国。该动物群以南澳大利亚伊迪卡拉山产地命名,称伊迪卡拉动物群,是包括许多属种在内的软躯体无脊椎动物。大约在距今 6 亿年前左右,出现了无脊椎动物的矿化硬体,一般将这一事件作为显生宙的开始。

显生宙按已知的化石资料和古生物研究,可将无脊椎动物的地质历史划分出以下几个时期:前寒武纪、寒武纪、奥陶纪、志留纪及晚古生代、中生代和新生代。人们还注意到,显生宙的生物发现史伴随着若干次生物大绝灭的事件、特别是在中、新生代,几乎每隔 26 ~30 百万年就发生一次生物绝灭事件。

从理论上讲,人们今后也许会将无脊椎化石记录大大地推前,因为目前已知的伊迪卡拉动物群是较高级的后生动物,

而寒武纪大量出现的形形色色的无脊椎动物又和前寒武纪的化石贫乏形成鲜明的对照。

寒武纪早期出现了原生生物、海绵动物、腔肠动物、腕足动物、软体动物、棘皮动物、节肢动物和分类尚存疑的古杯动物。晚寒武世节肢动物中的已绝灭类型——三叶虫遍布世界,具有重要的地层对比作用和古生物地理分区意义。

奥陶纪动物群以三叶虫新属种的更替,具较腕足类的大量发生和属种繁多,笔石动物门的兴起为3大特征。牙形石变得广布且属种增加,皱珊瑚和床板珊瑚首次出现。其他如苔藓虫、双壳类、海林檎、海百合和海胆类也都在奥陶纪出现了。

志留纪以三叶虫的衰减、珊瑚、腕足类和苔藓虫的繁盛为标志;笔石类以单笔石为主要类型,软体类和牙形石在局部地已非常重要。最原始的似节肢动物化石(曾一度认为它是最早的,能在空气中呼吸的生物)也出现在志留纪,现在普遍认为它们是最早的淡水无脊椎动物。

晚古生代时三叶虫已很少了,然而珊瑚、腕足类、腹足类、双壳类和头足类数量激增,形式多样。有孔虫(特别是内卷虫类和蜓类)、牙形石、介形虫、苔藓虫和棘皮动物中的海蕾和海胆都十分普遍。最早的昆虫化石见于泥盆系。腕足类和双壳类中都出现了淡水类型,后者在欧洲的煤田地层中,具有重要的研究价值。

二叠纪末期,无脊椎动物界受一场生物大绝灭事件的影响,它标志着号称“无脊椎动物时代”的古生代的结束,以脊

椎动物中的恐龙繁荣著称的中生代开始了。

一般而言,无脊椎动物在中生代以软体类占优势,珊瑚类、有孔虫类和棘皮类也有相当的数量;腕足类退化了,仅仅以小嘴贝类和穿孔贝类为代表。软体动物中双壳类和腹足类异常繁盛,出现了许多新科,而菊石类和箭石类在中生代海相动物群中占有特殊重要的地位。由于它们演化迅速,分布广泛,在中生代生物地层学研究中的作用堪称首屈一指。

白垩纪末期的生物大灭绝以恐龙类的突然消亡而成为地质界研究的焦点,它也预告了中生代的结束和新生代的开始。

新生代期间,有孔虫、海绵动物、珊瑚类、苔藓虫、甲壳类、介形虫、昆虫类、腹足类和双壳类、棘皮动物中的海胆类都十分繁盛;尤其令人注目的是淡水的腹足类和双壳类已经相当普遍。我们今日所见到的无脊椎动物世界,是地球上生物将近6亿年以来发展的结果,但大约自侏罗纪以后,无脊椎动物界已大体呈现出与现今类似的面貌。

无脊椎古生物学是门十分古老的学科,随着地球科学的发展,在其研究领域逐渐分化和发展出许多分支学科,如以古环境为研究对象的古地理学,和古环境与古生物结合的古生态学,和地质年代学密切相关的生物地层学和地质年代测年学、和古动物谱系相关的无脊椎动物演化理论,通过和现代生物学相类比的古生物功能形态学等。这些分支学科不仅彼此之间都有内在联系,而且还和其他学科产生愈来愈多的渗透和交叉,其中最突出的例子就是事件地层学的发展。生物灭绝事件的深入研究还促使了天文学者酝酿产生了新的“灾

星假说”。

虽然无脊椎动物化石是了解地史中生命的发生和发展的唯一直接证据,但它们还是极其不完全的。现已发现的化石仅仅是地球上曾经生存过的生命的极少数代表,例如现代动物中昆虫占总数的  $3/4$  (约 85 万个种),而已知的昆虫化石种却只发现约 12000 个。由于某些具有硬体的生物通常比其他类型更易形成化石(例如双壳类和昆虫比较),所以不同生物化石的相对比例并不能说明整个无脊椎动物界在地史各个阶段的不同数量。化石的保存数量不仅因门类而异,化石的保存形式也彼此有别,棘皮动物通常能保存其原有躯体的大部分外形和构造,对它们的了解和认识就比较全面,而牙形石则可能仅仅是某一未知动物躯体中某个部位,因此它们的分类位置至今在无脊椎古生物学中还没有一致的结论。此外,古生物化石保存的特殊性可导致许多生物变化被压缩在一个很短的地质时间以内。由于化石保存的不完全性和局限性,无脊椎古生物学中还有许多尚未为人所知、或所知还很肤浅的研究范畴,有待发掘和探索。例如,倘若能够证明地史中的几次生物灭绝是与地球在银河系位置变动有关的话,古生物学将会提供天文学有关银河系形成动力学最可靠的信息。

## 古脊椎动物学

vertebrate paleontology  
gu ji zhui dong wu xue

古生物学的重要分支学科,专门研究地质时期的各类脊椎动物,包括它们的形态、分类、生活习性、分布与起源及进化、发展历史等。从研究方法,特别是从科学发展的历史来看,它是“比较解剖学”的孪生姊妹。法国动物学家 G.居维叶应用与现代动物比较的方法,研究巴黎盆地的古代脊椎动物化石,发表了 4 大卷“骨化石研究”(1812),并提出了“器官相关律”(动物体各组成部分间的形态与机能上相互联系与一致),为古脊椎动物学的研究开辟了新的方向,开创了比较解剖学及古脊椎动物学的研究,并推动了它们的发展。

在生物界中,脊椎动物仅是 30 余个动物门类中的一个亚门。但是,它无疑是最重要的一个动物类群。脊椎动物中,不仅包括一些大门类的绝灭生物(纲或目级),如盾皮纲、棘鱼纲、头甲鱼类、恐龙类等,还包括许多最重要的动物,如其中的哺乳纲,就包含人类自身及作为其“近亲、远祖”的各种灵长类。

地球的历史,现知约为 50 亿年,较高等的后生动物的出

现约在 6 亿年前的寒武纪,而最早的脊椎动物骨化石也已发现,几乎与多数无脊椎动物同时出现,从约 3.5 亿年前后的泥盆纪开始,出现了最早的陆生四足动物,在此后地球上陆生动物的历史中,脊椎动物一直占据着主导地位。从达尔文的物种起源与进化论学说提出以后,古脊椎动物学研究有了很大发展。从 50 年代起,一直在现代生物进化理论研究中起着重要作用,是进化生物学的一个重要组成部分。

从 70 年代开始,随着分子生物学和地质学上“板块学说”的出现与发展,古脊椎动物学也起了相应的变化,产生了许多新的方向与课题,例如关于氨基酸等的研究及古生物化学,在系统学方面关于分支(或支序)系统学的论争,并提出了进化方式的“间断平衡”理论、动物地理方面的替代分化等学说或新的模式与方法。

目前的古脊椎动物学的研究中,常按不同的形态和解剖、生理等特征,将脊椎动物亚门分为 2 超纲 9 纲,其中的鱼形超纲包括无颌纲、盾皮纲、棘鱼纲、软骨鱼纲、硬骨鱼纲;四足超纲包括两栖纲、爬行纲、鸟纲、哺乳纲。鱼形动物中各纲的划分至今意见分歧。四足动物各纲的划分,意见较一致。近年有人主张将鸟与恐龙组建成一个新纲。更有人根据翼龙化石上可能有毛被的新发现,主张再建一新纲。至于新的目及科就更经常被发现。产生上述情况的原因在于新的化石材料的不断被发现,因而不同于脊椎动物学家以现生脊椎动物为基准而建立起来的分类系统,同时在古脊椎动物学的研究中还增加了纲和目、科之间的多层过渡分类阶元,如超纲、超目、超

科、亚纲、亚目、亚科以及次(亚)纲等。

古脊椎动物学研究的主要对象是动物骨骼化石。中国大陆的主要轮廓从 2 亿多年前的二叠纪时已基本上形成并保持稳定,因此,中国是世界上保存陆生及淡水脊椎动物化石特别丰富的少数国家之一。自英国 R. 欧文在 1870 年第 1 次发表“四川采集的古哺乳类化石的描记”以来,中国即成为世界上古脊椎动物学研究的重要中心。70 年代以来,更取得了显著的进展,如发表了大量的泥盆纪鱼类化石的研究成果,并依此提出了陆生脊椎动物起源的新假说;早中生代大量兽形爬行类的发现为大陆漂移历史及哺乳类起源提供了许多重要的数据;西南(云南、四川)及北方(新疆、内蒙古等)大量恐龙化石的发现,使中国成为世界上恐龙研究最活跃的地区;此外,还以脊椎动物化石为依据建立了亚洲大陆上最完整的第三系剖面等。

在灵长类及人类化石方面,中国也有许多独具特色的、重要的新发现。

## 微体古生物学

m icropaleontology

wei ti gu shen wu xue

研究微体化石的古生物学分支学科。

微体化石是发现于各时代地层中的古生物的微小遗体和

遗迹,它们的大小一般以微米或毫米度量,其中稀有的“巨人”也不过几个厘米,如货币虫。因此,必须通过显微镜甚至电子显微镜进行研究。

微体化石来源于古生物界的多种类型,从其保存的特点看,可分以下几种类型: 微体古生物的完整骨骼,例如硅藻、有孔虫、放射虫、介形虫等; 大古生物骨骼中的一些微小部分,脱离本体后,可单独保存为化石。如棘皮动物的微小骨板或刺、海绵骨针、鱼牙、鱼鳞、小哺乳动物的牙齿等; 古生物体的微小器官,在成熟后与本体分离,或被破坏而与本体分离,此后被保存为化石,如轮藻的藏卵器、高等植物的孢子、花粉等; 某些通常形成大化石的门类的微小幼体或其中特别小的成体,保存为化石后,也需借显微镜进行研究,目前有腕足类、双壳类、腹足类、棘皮类及著名的小壳化石等; 某些群体生物如苔藓虫、层孔虫等,在对其进行研究时也必须借助显微镜才能研究其每一个体的细节。

微体化石并不全是微体古生物的化石,还应包括某些大古生物的微小器官、幼体与其骨骼的微小部分。因此,微体古生物学不能仅仅以微体古生物的化石为研究对象。它与现生物学的一个分支微生物学绝不是一今一古的对等学科。

微体古生物学在 20 世纪随着石油勘探和海洋调查工作的广泛开展和技术方法、新型仪器的不断普及和更新而得到长足进展。微体古生物研究时,首先要在地面或钻井岩心中取样,然后要经过多种方法(物理、化学)的处理,包括破碎、分离、筛选等步骤,最后针对化石类别通过不同放大倍率的显

显微镜进行观察研究。

在不同国家的古生物学者中对微体化石的范畴有不同的看法,如层孔虫、苔藓虫等在国外多不视为微体古生物学的研究范围,在中国则作为微体古生物学的范畴。在诸如珊瑚、小哺乳动物牙齿、鱼牙、鱼鳞等,国外都不作为微体古生物学研究范围。但随着石油勘探和海洋调查及其他方面的需要,同时基于技术方法的不断改进,在古生物学领域内微体古生物学将继续得到优先发展。随之是工作的范畴、内容及方法以至理论上将不断发生变化。

## 地层古生物学

stratigraphical paleontology  
di ceng gu sheng wu xue

古生物学的一个分支学科,它根据化石的垂向分布,研究生物进化发展的规律。它区别于“描述古生物学”,接近“理论古生物学”。它与生物地层学是互相渗透、互相交叉的姐妹学科。以往这两学科常混为一谈,例如,1909年比利时古生物学家L.多洛在《生态古生物学》一书中建议区分纯古生物学和实用地层古生物学,并称后者为生物地层学。此后,不少学者如 . . 达维塔什维利等把这两个术语视为同义语,也即沿用多洛的建议。1948年R.C.穆尔把研究生物发展历

史的古生物学称为地层古生物学。1955年E.尼韦尔森发表的专著《地层古生物学》，按地质时代论述生物的发展和地理分布。但其内容仍然以“实用”为主，多半是生物地层问题。自尼韦尔森以来，探讨生物发展规律的理论论文与日俱增，因此认为有必要把地层古生物学与生物地层学明确区分，前者属于古生物学范畴，后者是地层学的一部分。

C.R.达尔文在《物种起源》和C.莱尔在《地质学原理》等名著中阐述的有机界的变迁、进化方式、绝灭机制及地质记录不完全等问题，是地层古生物学的重要内容。

古生物学已经积累了极其丰富的进化证据，地层古生物学着重阐述生物进化中的重要事件，生物在进化上的突破和集群绝灭与地质历史的关系。

进化方式的研究是地层古生物学的重要课题之一。按照达尔文的理论，在地层中生物的“无数过渡的类型一定曾经存在过”，因此他提出的进化模式是“同一纲中一切生物的亲缘关系常常用一株小树来表示”。达尔文的这个理论近代被称之为谱系渐变论。达尔文当时曾指出他的学说中的一个难点：“如果物种是从其他物种一点点地逐渐变成的，那末，为什么我们没有看到无数的过渡类型呢？”“虽然它们必定曾经在那里存在过，并且可能以化石状态在那里埋存着”。他解释主要原因是“地质记录的不完整”。近年来，N.埃尔德雷奇及古尔德等学者提出异议，他们以间断平衡论来描绘物种进化的过程，认为物种是间断式的跃进，缺乏过渡类型是客观事实。P.C.西尔维斯特-布拉德利（1977）根据古生物资料，

综合前两种观点提出第三种进化的模式,他称之为网式物种形成。这个模式的主要过程是祖先物种在爆发式扩展到各地理区后,由于受不同的地理条件的影响而分化,形成不同的变异类型;又由于边缘地区的杂交而成为多型种,经过多次分化,各变异类型在隔离的条件下最后形成许多新种。

地层古生物学家还重视各类生物在地史上的演化趋向和发展阶段。

化石类群的绝灭,在地史上最大最明显的有两次,一次是二叠纪末期,另一次是白垩纪末期。关于集群绝灭的原因有许多假说。少数科学家试图从宇宙发展寻找原因,大多数地层古生物学家相信地质历史发展是集群绝灭的直接原因。达尔文论断“稀少是绝灭的预告”,为大量化石资料所证实。

随着古生物学及生物学理论的深入和新技术、新方法,包括计算机技术的不断进展,古生物化石的新发现,地层古生物学也会随之得到发展。而古生物地理学和古气候学的发展也需要地层古生物学提供的资料。

化石  
fossil  
hua shi

保存在岩层中的地质历史时期(距今 48 亿至 1 万年间)

的生物遗体或生物活动所留下的遗迹统称为化石。

**概述** 化石是古生物学研究的唯一对象。古生物学(Paleontology)不同于今生物学(Neontology),它只能借鉴于后者,通过化石来研究和恢复地质历史时期的生物的形态特征、生活习性、空间和时间上的分布规律,进而推断其内部结构特征,并对其分类位置及进化方向和绝灭机制等问题提出见解。所以离开化石,古生物学家就无从展开工作。生物学中若干重要规律,例如进化理论,也以化石为主要证据。生物界本身是个统一体,离开地质历史时期的生物,就无法建立完整的生物分类系统,也无法研究生物进化发展的规律。

通常将地质历史的最后一个时间阶段(距今约1万年至现在),即全新世以前的生物划入古生物的范围。这一划分完全是人为的,因此,许多现仍生存的生物,如脊椎动物的狼、水牛、鲤,无脊椎动物的同现卷转虫(*Ammonia annectens*)、舌形贝、扁卷螺(*Planorbis*)等。植物就更多了,如云南小龙潭及洱源的中、上新世煤系地层中就发现有现生矮山栎(*Quercus monimotricha*)的化石,山东山旺中新世硅藻土层中产出现生种秋葡萄(*Vitis romanetii*)的叶化石。再如,在极难保存为化石的鸟类中,曾发现过约1000种现生鸟类的化石,占现生鸟类的十分之一左右。在中国的周口店就发现了9目19科48属62种鸟类化石,其中如寒鸦(*Corvus monedula*)、环颈雉(*Phasianus colchicus*)等许多为现生种。

**大化石、微体化石、超微化石** 化石通常根据生物所属的分类的不同,而分别被称为古无脊椎动物化石、古脊椎动物化

石、古植物化石,及按不同分类级别而统称的如珊瑚化石、龟鳖化石、有孔虫化石、松柏化石等。同时,古生物学家还根据生物个体大小的不同,将通常不需要利用显微镜即能进行研究的化石叫大化石,如腕足动物、三叶虫、高等植物、脊椎动物等的化石。但对于这些生物的微细构造进行研究时仍然要使用显微镜,如珊瑚化石和具介壳动物的壳的构造等。对于必需利用显微镜才能进行观察和研究的个体微小的化石,称为微体化石或微化石,如有孔虫、介形虫、硅藻等。某些大生物的微小部分如轮藻的藏卵器,植物的孢子、花粉,虫牙(虫颚)、牙形石等,甚至小的鱼鳞、鱼牙等也属于微体化石。这一名词的使用并没有严格的限制,例如某些群体生物如苔藓虫、层孔虫,还有如竹节石、软舌螺等,有些学者视其为微体化石,有些学者仍把它们视为大化石。近年来随着石油地质勘探和海洋地质调查工作的迅猛发展以及电子显微镜等技术在古生物学中的应用,在地层中发现了许多极为微小的化石,它们的直径在30~10微米以下,被称为超微化石。超微化石包括颗石(coccoliths)、盘星石(Discoaster)、微锥(Nannoconus)等。

**化石化作用** 将古生物遗体或遗迹保存为化石的各种作用被称为化石化作用,包括生物遗体被掩埋、保存、石化以及模铸化石形成等作用。

**形成化石的条件:**首先,古生物要具有能保存为化石的硬体,如贝壳、几丁质外壳、骨骼、牙齿等,才能不腐烂或被食肉动物吃掉。不具硬体的古生物在特殊的条件下虽然也可以形

成化石,但机会极少。其次,死亡生物的遗体要能在绝氧的环境下被保存,例如被水下沉积物迅速掩埋,并不被机械作用破坏。第三,要有足够的时间,使古生物遗体在沉积物成岩过程中及成岩作用后具有更为坚硬的物理特性和更具化学稳定性。第四,在以后的地球内、外力的作用下没有被再次破坏而终于保存下来。

不难看出,一个动物群或某些生物由于不同原因而导致死亡时,首先形成死亡群。死亡群中一部分或大部分尸体经搬运或仍在原地堆积形成尸积群。尸积群中未被有机和无机条件破坏而保留下来的硬体被沉积物掩埋的就叫埋藏群,被搬到远离原来生物生活地区的叫异地埋藏,否则叫原地埋藏。被埋藏的生物遗骸或遗迹在成岩过程中和以后未被破坏而保存下来的就构成了一个化石群。由此又可以看出,能形成化石的只是当时生物群的一小部分,而每一化石群的组成可能是很复杂的。

**化石保存的方式** 地层中的化石按其保存特点可分为实体化石、模铸化石、遗迹化石和化学化石 4 大类。

**实体化石** 指由生物遗体的全部或一部分保存而成化石,其中大多数保存了生物的硬体部分如外壳、骨骼等。实体化石又可分为未变实体化石、微变硬体化石、石化化石 3 种。

**未变实体化石** 特指古代生物软体部分尚保存的化石。著名的西伯利亚和阿拉斯加第四纪冻土中发现的猛犸象,其毛、皮,内脏都保存完好,甚至有些个体的肉在发现后,还可被食肉兽吃掉。从它们胃中残留食物及孢子花粉可以推

知它们的食性。其次,如保存在第三纪琥珀中的昆虫化石,其中一部分仍为原来的躯体,著名的产地有苏联波罗的海沿海和中国的抚顺等这种化石产地还有很多,例如在德国哈雷城附近的始新世褐煤层中产出的化石,通过特殊的撕片法,可以看出青蛙化石的上皮细胞和细胞核以及黑色素细胞;甚至可以在昆虫化石的气管中发现细菌的遗骸。第三,有一些软组织已经木乃伊化的化石。通常是生物死后,在干燥条件下,形成木乃伊再被沉积物掩埋而形成化石;生物死后,遗体坠入沥青坑中,也可形成化石。前者如美国怀俄明、达科他等州晚白垩世地层保存的粗齿龙 (*Trodon*) 木乃伊化石和法国中央高原凯尔西地区磷灰石矿中保存的晚第三纪木乃伊化的青蛙化石和昆虫化石(包括幼虫和蛹),其消化系统、生殖器官均能以磨光面进行研究。后者如苏联西乌克兰伊万诺-弗兰科夫斯克(原称斯坦尼斯拉夫)斯塔仑地区的更新世披毛犀化石,美国加利福尼亚州洛杉矶附近兰乔拉布雷沥青坑中晚更新世晚期鸟、昆虫、哺乳动物化石。在美洲直至距今 8000 年前可能还生存着的披毛贫齿类——大地懒类的木乃伊化石,如 *Nothrotherium shastense* 发现于美国内华达州吉普瑟姆洞穴, *Mylodon domesticum* 发现于南美阿根廷巴塔哥尼亚高原的乌尔蒂马埃斯佩兰萨地区。

总之,保存软体的化石,在数量上、种类上都是极少的,而且多发现于较晚地质时期形成的地层中。这些都是化石中的珍品,既有研究价值也富陈列价值。

微变硬体化石 一些生物遗体被沉积物掩埋后,其软

体已被破坏,仅留下其稍有变化的硬组织,如牙齿、贝壳、几丁质壳等,至少已失去部分水分、有机质膜、色泽、光泽等。其中最大的变化应该是无脊椎动物硬壳中原来不稳定的三方晶系的文石,因温度压力升高而变为斜方晶系的方解石(在常压下经 400 °C 文石变为方解石,经 -40 °C 的低温方解石可变成文石)。这时化石的矿物组成成分不变,只是矿物颗粒的晶体结构变化,所以原来的生物结构仍保存完好。这类化石很多,如三叶虫甲壳、各种无脊椎动物的贝壳、钙质骨骼、脊椎动物的牙齿和孢子、花粉外壁及牙形石等。如果植物叶或叶状体被压在岩石中,则称为压型,如将化石取出,可以详细研究其细胞结构,如表皮、气孔、孢子囊等。

石化化石 生物遗体被掩埋后,经地下水、地层压力和增温等作用而形成的化石叫石化化石,这种作用叫做石化作用。石化作用主要有 3 种,第一,矿质充填作用或过矿化作用,地下水携带的矿物质成分填充在疏松多孔的硬体组织之中或硬体组织之间的空隙,使原来的组织更为致密并增加重量,而原组织结构未发生变化。例如有孔虫、蜓、珊瑚和腕足动物硬壳或钙质骨骼间被碳酸钙质或泥质、砂质、硅质等所充填。脊椎动物骨骼中的空隙被充填;第二,炭化作用或升馏作用,一般发生在具碳水化合物有机质的硬体骨骼及植物叶或叶状体中,在地层的压力和地热增温作用的影响下,有机物中的易挥发成分被升馏,仅留下稳定的炭质薄膜。例如炭化的植物叶或叶状体化石、笔石、某些节肢动物的外壳、昆虫的翅。在琥珀昆虫化石中,也有相当多的一部分,由于在松脂中原来

含有的水分和松节油等挥发成分升馏而变为琥珀时,使被包裹的昆虫的水分及有机成分也同时蒸腾,而形成炭质薄膜附于包围昆虫的空腔的壁上;第三,置换作用或交代作用,通常发生于携带矿物成分的地下水与生物硬体之间,原来硬体组织被溶解的速度与地下水带来的矿物质的填充速度相等而且在分子间进行交代的情况下,原来的生物结构包括细胞组织的轮廓等都清晰可见。最常见的是硅化木,它是由二氧化硅交代了原来的细胞而形成的。其他矿物质如方解石、白云石、黄铁矿、赤铁矿等作为交代物而进行交换作用,被称为钙化、黄铁矿化和赤铁矿化作用。至于溶解速度大于交代速度时,则矿物质只能填入溶解后的空腔,而形成模铸化石。

**模铸化石** 生物遗体在岩层中所留下的印痕及在其所遗空腔中的填充物,均被称为模铸化石,它们不是生物的遗体,不同于以上3种实体化石。根据化石与周围岩石的关系可以分为许多种保存形式。

**压痕** 一般指软组织或植物叶或叶状体留在沉积物上的印痕,如保存在许多著名化石产地的腔肠动物水母的印痕,保存在德国索尔恩霍芬晚侏罗世石印石灰岩中始祖鸟的羽毛印痕。沉积物颗粒愈细,这种印痕化石愈容易保存。

**模核** 泛指留在围岩上的生物遗体的坚硬部分的内外表面的印痕或生物遗体被溶蚀后的空腔中的填充物等形成的化石。外表面的印痕叫外模;内表面的印痕叫内模;它们反映的花纹的凹凸与原物相反。例如双壳类的介壳在生物死后,两瓣分开保存,即可在围岩上形成凹状的外模和凸状的内模。

在生物遗体如双壳类的两个壳瓣间的空腔被沉积物充填,其大小和形状与原空腔完全一致,就构成内核。如果内核形成后,生物遗体被溶蚀,再被沉积物充填,而形成的叫铸型。如果生物遗体内部未被充填前,遗体被溶蚀,在其所留空腔中填入沉积物,就形成外核或称复型。铸型及外核均反映原物的外表特征,与原物形状大小相似,但不反映生物内部,尤其是其硬体内部的结构,二者的区别在于铸型内还包有一个内核。

**复合模** 外模和内模重叠在一起就形成复合模。一般是在内模外模均已形成后,生物遗体被溶蚀,经地层压实作用而形成的。以双壳类为例,其外模具放射肋而内模具肌痕,复合模上则既可见到放射肋亦可见到肌痕。同样具有两瓣壳的腕足动物亦可形成复合模。

**遗迹化石** 古代生物在其生活活动过程中所留下的痕迹和活动产物,保存为化石后,被称为遗迹化石或痕迹化石。由于遗迹化石多不与实体化石和模铸化石同时发现,尤其在缺少实体和模铸化石的地区,遗迹化石可以在地层划分和对比及判断古沉积环境和古地理条件等方面服务。专门研究遗迹的科学称为遗迹学,专门研究遗迹化石的叫古遗迹学。由于对遗迹化石很难进行生物学分类,大都依其所反映的行为习性分为栖息迹、爬行迹(包括足迹和移迹)、牧食迹、觅食迹、居住迹(包括潜穴、钻孔)、捕食迹(包括创伤、胃残余物、粪化石和粪粒化石)。

在遗迹化石中还可包括胃石、蛋化石和卵粒化石,不过其中有些应列入实体化石中,如蛋及卵粒。而同样属于遗迹性

的环节动物的虫管化石,以及与生物活动有关的沉积构造如叠层石和核形石等却常放在有关的生物化石中讨论,尽管有人主张也应归入遗迹化石。

**化学化石** 近来通过化学分析,发现沉积物中的生物遗体虽已消失,但组成生物的一些生物化学物质却仍留存在岩层中,如多种氨基酸、烃、核苷酸、嘌呤和蛋白质等。这些都被称为化学化石,不过化学化石并不能与生物分类相联系,甚至只能表明曾有某种生物存在。但在材料丰富的情况下与现生物对比,还是可以在地层对比和生命起源等方面提供必要的证据。

54

**化石在地质学上的意义** 在地质学上化石也有着重要的意义。有些化石,其特征显著、延续时间较短而分布范围较广,并且数量多而较易发现,常常可以作为划分对比地层的重要依据。这些化石被称为标准化石;不同的生物或生物组合中,有些对生活环境、生存的自然地理条件有较严格的要求。根据这些生物所形成的化石往往可以相当准确地推断出当时各地的环境条件。这种化石被视为指相化石。以上两种化石也可以笼统称为标志化石;在地层学中可以用来作为划分最小地层单位的生物带的依据的化石称为带化石;有些化石延续时间很长,被称为持久化石,相关的生物叫做进化缓慢型生物;1933年中国学者马廷英在前人对现代珊瑚工作的基础上,首先提到古生代四射珊瑚外壁上有反映气候季节变化的生长线。1963年美国古生物学家 J.W. 威尔斯根据古生代珊瑚的生长纹、生长带的数目,计算出当时一年的天数

和每天的小时数,和一年的月数等。这些化石被人们称为古生物钟或化石钟。

在某些被认为是标准化石的生物类别或属、种,有时常出人意料地,在其大量出现前或认为已绝灭后,出现于较古老或较新地质时代的地层中,前者被称为先驱,而后者被称为子遗。这是一对通用词,而不是一个科学名词,只一般的表示了某些生物种类在其同类繁荣前或绝灭后而超前出现或拖后绝灭的事实,但也有时却只是表示古生物学家当时的认识水平,或由于化石记录保存的不完整性或由于工作和研究程度不够而产生的错觉。例如,直到 20 世纪中叶通常认为正笔石类在志留纪末已经绝灭,当人们在个别地点的泥盆纪地层中偶然发现了极少量的单笔石类化石时,这些单笔石类就被称为子遗。但是 60 年代以来,在世界各地普遍发现泥盆纪单笔石类化石,这就从根本上改变了人们对正笔石类在志留纪末已绝灭的结论,泥盆纪的单笔石类再也不称为子遗了。可以认为,在地史上的某一时期,曾大量繁殖并广泛分布的某一生物门类,在其主体部分绝灭后,仅有极少量的生物分布于某些局限地区叫做子遗。例如三叶虫曾被认为在古生代末已经全部绝灭了,不过近年却在个别地区的三叠纪地层中发现了三叶虫化石。目前这些三叶虫可以被称为子遗。中国的大熊猫、四不象都可以叫做子遗。

在以化石来推断古环境和划分对比地层时,必须注意的一个问题是排除次生化石的干扰。次生化石或称衍生化石,指化石形成后,由于地质营力作用,把这些化石从地层中剥离

出,再次沉积到较新地质时代的沉积物中,然后与较新地质时代的生物遗体一起固结成岩。这就时常造成地质学家或古生物学家的困惑。也有相反的情况,在较新地质时代如第三纪和第四纪土状堆积中,常有现代啮齿动物的洞穴,并有其死亡后的遗骨。如果再经历千百万年,经固结成岩石,它们也会形成化石,这在某种意义上也属于次生化石之例。在古喀斯特地区也有这种情况出现。

在用化石推断环境或地层年代时,常因化石保存的完整程度及化石种类等诸多因素的影响,而不能轻易作出判断,如大象的门齿就对断定年代、判断环境等起不了很大作用,因为从中新世到更新世,大约 2000 多万年时间内的许多象类都有大象牙,其大象牙随年龄而增大,到第四纪在北方的猛犸象与南方的印度象等都生有类似的大象牙。如果发现象的臼齿化石,而且保存完好,其确定地质年代的作用就比较大。对于任何一种化石的意义,只有通过专家的判断和实践的验证才能最终确定。

亚化石、假化石 上面所列的都是真正科学含义上的化石,不论从生物分类、化石个体的大小、化石形成机制、化石的应用等角度,有多少种名称,它们都是真正的化石,如次生化石,也是真正的化石。在全新世时期,距今 1 万年至距今 6000 年左右的新石器时代遗址中,常常出土一些动物骨骼和人骨。由于年代久远,骨骼中的有机质均已散失挥发,但尚未石化。因为它们年代太新,不属于古生物的范畴,而被称为亚化石(subfossil)。在南方的岩溶洞或富含矿物质的泉、井中

有时也可发现一些现代生物的遗体,如骨骼、藻类、树叶等已被碳酸钙所充填或被泉华所包裹,这些生物遗体尽管已“石化”但绝不是化石,也不能称为亚化石。它们的形成年代可能极晚,有些可能只有几百年。

在自然界还可以形成一些稀奇古怪的东西,例如黄土中的砂姜,在粘土岩中形成的叠锥,在岩石层面、节理等裂隙中氧化锰沉淀形成的树枝石(又称模树石),矿物结晶形成的似生物结构如多角状似水母印痕等,在世界许多地方时有发现,常被当作化石。此外,构造劈理形成的花纹有些很象硅化木的年轮,常被误认为硅化木供奉在寺庙中等。它们并不是化石,而是假化石,详细研究后可以发现它们不具任何生物结构。亚化石和下面要讲的“活化石”还都属于生物本身或遗骸。而假化石却根本不是生物,而是无机界的产物,多与沉积构造有关。但有些暂时既不能肯定是化石,也不能确切认为是假化石的,被称为可疑化石。随着发现标本的增多和研究的深入,它们将被确定为某类化石,或被确认为假化石。

活化石 当前经常被误解的是“活化石”。化石是已化石化的 1 万年前的生物,当然不会是活的。由于这一名词自身是矛盾的,所以说不是科学术语。只是达尔文对在东亚发现的据认为在距今 1 亿多年前的中生代已绝灭的银杏使用的通俗形容词。有一段时间,不少人(包括部分古生物学家)将“活化石”与孑遗等同起来。由于孑遗是一个更不具任何限定意义的名词,因而导致了“活化石”一词的混乱。现在较多的人认为至少应有以下 4 个限定条件才能将现生某物种称

为活化石：在解剖上真正与某一古老物种极相似，但并不一定是完全相同或就是该物种；这一古老物种至少已有1亿年或几千万年的历史，在整个地质历史过程中保留着诸多原始特征，而未发生较大的改变，也就是一种进化缓慢型生物；

这一类群的现生成员由一个或很少的几个种为代表；它们的分布范围极其有限。

根据近年的研究，进化缓慢型生物的成种率低，其生态类型也是最一般的，它对食物来源、生境的物理化学条件的波动非常适应。与其密切相关的新生种类在同一环境下可能不具备竞争能力。根据近年生物进化理论，认为成种作用是生物进化的重要环节。在生境不变而成种率极低的情况下，这些生物在几百万年时间内是不会有变化的。于是相应的就形成了一些延续了上千万年的古老的生物，同时代的其他生物早已绝灭，只有它们独自保留下来，生活在一个极狭小的区域，被称为“活化石”。被公认的“活化石”有银杏、矛尾鱼和舌形贝等。下面分无脊椎动物、脊椎动物和植物分别列出一些“活化石”及与其对应古老生物的名称和生存时代。

“活化石”与孑遗的区别。即生存时间均在千万年以上，当然并不一定是原物种持续存留，只要是形态构造均处于原始状态，而又与地史上某物种或某属生物极其相似即可。孑遗则必须是同一物种。

按照生物进化的型式分析。“活化石”是在种系发生中的某一线系长期未发生前进进化，也未发生分支进化。更未发生线系中断（绝灭），而是处于停滞进化状态的结果。

当前对“活化石”的研究还在继续中,从古生物学、功能形态、比较解剖、胚胎发育、遗传因子甚至生理生化等方面进行综合分析。以期最终弄清它们能长期存留的原因。

此外,虽然在中国广西距今 2400 万年左右的中新世早期地层中发现了一块原白鬃豚颌骨碎块,但因化石太少,尚不能肯定与白鬃豚的确切关系。也不能证明 2400 万年来白鬃豚在形态结构等方面未发生很大改变,故此也未列入。

此外,植物与动物的进化速度及制约因素均不同,二者的定义应有区别,但当前对动物界的“活化石”讨论较多,植物界的“活化石”研究较少。

古生物学和考古学 考古学 (Archaeology) 是根据人类通过各种活动遗留下来的实物以研究人类古代历史的一门科学。考古学属于社会科学范畴,是历史科学的一个组成部分。其研究年代的下限,在中国定在明朝的灭亡(1644)。其上限也很清楚,即有了人类以后,尤其是有了人类活动所遗留下的实物以后。可以说考古学研究的时间范畴大体上是旧石器时代到中国的明末(欧美各国时代下限各不相同)。人类的旧石器时代约相当于地质历史时期的中更新世中期至晚更新世晚期。更早些的更新世早期旧石器多无确切的断代证据。

作为考古学研究对象的旧石器时代的遗物,都是埋藏在第四纪地层中的。对除石器外的其余研究工作,包括当时的生物化石,必须由地质学家(包括地貌学家)和古生物学家担任。因此,作为自然科学工作者的古生物学家也常常从事

旧石器时代考古工作。到新石器时代(包括中石器时代)人类文化更为进步,其器物也更为多样,又出现了装饰品、陶器等。其时代约相当于地质历史的全新世,已经不属于古生物学研究范畴。作为历史科学的一部分,新石器时代考古基本上都由社会科学工作者承担。

这一概念在科学上是清楚的。考古学研究对象主要是经过人类有意识加工的。有时一些自然物虽未经人类加工,但与人类活动有关,并能反映人类的活动,如农作物、家畜、渔猎品、采集品等,也属考古学研究范围,但对其详细研究工作却须由生物学家、古生物学家按照自然科学方法进行工作的问题了。

考古学属于人文科学或社会科学中历史科学的一部分,在欧美虽有时包括在广义的人类学中,但它绝不属自然科学。但这并不排斥在考古学研究中尽量采用自然科学知识和技术方法或和有关的自然科学工作者合作进行考古研究。

古生物学作为生物科学的组成部分,属于自然科学。它研究的对象中包括现代人和猿人在内的一切生物。人类化石自然是古生物学家或专门的古人类学家研究的对象。如上述,人类化石遗址中,往往有石器。因此,部分古人类学家同时也进行旧石器的研究。

因此,考古学与古生物学(或古人类学)是不相统属的两门学科。考古学研究 200 万年以内的人类活动遗存(重点是 1 万年以内的)。古生物学研究的是 1 万年以前生活过的一切生物(包括人类)自身,当然是通过其所形成的化石。二者

在 200 万年间互有重叠,但其着眼点却有极大差别。

**化石与文物** 化石的定义已经在前面予以说明。不难看出,化石是自然产物,它的出现及保存状态以及它的种类等都不是人的力量所能左右的。其时代下限为 1 万年左右,上限目前已近 40 亿年。

文物是具有历史价值、艺术价值和财务金融价值的古代遗物,是人类自身生活和社会活动的产物,绝大部分经过有意识的加工。文物一词在中国自唐代以来就已被赋予这种含义,俗称古物、古玩。在英语中为 antique,过去只用于古希腊罗马的文化遗迹及遗物,后来被不断扩展,包括人类历史时期的各种艺术品等。

文物的时代下限是一百年以前左右。国外常把 1830 年以前的物品叫做文物。在中国对于历史文物及革命文物也有一定的年代限制。通常在海关的有关条款中都有反映。

文物的时代上限一般到旧石器时代。由于旧石器时代的年限很长,约从 200 多万年前延续到距今约 1 万年,也就是相当地质学上的更新世,但发现的旧石器遗址多在中更新世以后,其数量要比新石器时代的遗址和文物要少得多,尤其与新石器时代以后的历史时期的文物相比就更少了。

总之,文物是人类创造的物质财富和一部分精神财富(如古籍、碑刻、书画等艺术品)的遗存。它的特征和它的出现均与人类活动有关。仅从这一点就与化石有着根本的区别。由于 1982 年 11 月 19 日人大常委会公布的《中华人民共和国文物保护法》的条款附带提及某些古脊椎动物化石亦应

保护的问题使二者更发生了混淆。

人类对化石的早期认识史 化石的英文名为“fos - sil”，来源于拉丁词“fossilis”，是从动词“fodere”变来的，有挖出、掘出之义。早在远古时期，希腊的希波利图斯曾引用色诺芬尼的论著，认为在距岸很远的山上发现的海生动物遗迹是当时动物陷入泥中留下，后来凝固下来的。同时，在中国写于春秋之末或战国初期（约公元前5世纪）的《山海经》中就有关于龙骨的记载。在此后的一段时间里，把龙骨看成与蛇蜕相似的龙蜕，把骨化石与传说中的生物联系起来。至公元11世纪宋的苏颂在《图经本草》中，明确指出龙骨并不是龙蜕，而是龙死后的遗体的骨、角、齿等硬的部分。

在这一时期中国的著作中关于硅化木及其他化石的记载已屡见不鲜。从这些记述中可以明显看出，一些中国学者已经把这些化石与现代生物相比较，而且试图用来推断古气候了。不过他们对于化石的形成还不很清楚。这一时期对化石的认识应以沈括为代表。《梦溪笔谈》卷21第17则：“近岁延州……土下得竹笋……悉化为石。……延素无竹，此……不知何代物。无乃旷古以前，地卑气湿而宜竹邪？婺州金华山……核桃、芦根、鱼、蟹之类，皆有成石者……。”再如同卷第11则有：“遵太行而北，山崖之间，往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带。此乃昔之海滨，今东距海已近千里。”沈括的记载与化石密切相关，以现代古生物学观点分析，可以看出：其一，太行山崖间的螺蚌壳，显系古生代地层中的腕足动物或软体动物化石。其二，浙江婺州金华属地即今

之浙江省中偏西部地区,该地中生代地层中发现了多种植物和鱼、虾化石。至于第三点,经中国古生物学家考释,可能是一种已绝灭的节蕨类化石——新芦木。类似记载在这一时期的其他书籍中亦常可见到,如颜真卿的《麻姑仙坛记》记有“高石中犹有螺蚌壳,或以为桑田所变”。朱熹说:“尝见高山有螺蚌壳,或生石中。此石即旧日之土,螺蚌即水中之物。”再如从汉晋到唐宋期间,多次记载了湖南湘乡的鱼化石等。同时,龙骨、龙齿、石燕、石蟹、石蛇(可能是腹足类化石)等一直作为药用。蝙蝠石、直角石、鱼化石等作为装饰品一直被利用着。

在欧洲,列奥纳多·达·芬奇于1508年首先提出化石是曾经活着的动植物的遗体。与其同时代的一些科学家将“fossil”用于泛指石头、矿物、器物等各种采集品,当然,其中包括着真正的化石。如德国医生G.鲍尔着眼于这些化石为什么是石质的,以及注意它们有无药用价值。瑞士医生兼博物学家C.格斯纳虽将化石与现代生物对比,但基于当时生物学知识水平而受到一定限制。此外,意大利医生、地质学家G.弗拉卡斯托罗和法国作家、制陶师B.帕利西都曾发现过双壳类、腹足类和鱼骨的化石。

丹麦地质学家和解剖学家N.斯泰诺基于他对诸多地质现象的详细观察于1667年写出了有关“舌形石”(即鲨鱼牙齿化石)的文章(未出版)。斯泰诺提出化石是古代有机体的遗骸,细心研究化石有可能解释各种地质事件编年史的看法。关于化石的一个著名的插曲也发生在这个时期,作为狂热宗

教徒的自然科学家 J.J. 朔伊希策将 1726 年瑞士埃宁根中新世湖相沉积褐煤层中的蝶螈化石视为《圣经》中大洪水时期有罪的俗人的遗骸, 订名为 *Homo diluvii testis* (洪水证人)。这一错误直到 1811 年才由 G. 居维叶予以纠正。在其 1812 年出版的 4 卷本巨著的第四卷第十五篇论文中指出这一化石不是“人”而是一种盲螈 (*Proteus*)。直到 1837 年才由另外学者正式订名为朔氏大蝶螈。

在欧洲, 自 W. 史密斯、C. 莱尔, 尤其是 C. R. 达尔文以后, 对于化石的认识逐渐深入而达到作为现代科学的古生物学的研究水平。

在中国, 由于长期的封建小农经济和以尊孔读经为主导的科举制度等诸多因素的影响而使古代科学技术的萌芽逐渐泯灭。对于化石的再认识也是 19 世纪中叶以后, 作为现代科学的一部分由西欧传入中国, 或由西欧经日本再传入中国的。

## 孢粉学

palynology

bao fen xue

研究植物的孢子、花粉 (简称孢粉) 的形态、分类及其在各个领域中应用的 1 门科学。孢粉学可以分为两个领域, 现代孢粉学及古孢粉学。英国加的夫大学的海德和威廉斯于

1945 年最先创用孢粉学一词。palynology 源于希腊文动词 paluno, 有扩散或撒向四周之意。过去曾对其应用部分称为孢子花粉分析, 也有花粉分析和花粉科学等名称。

孢粉学研究的基础部分为植物学的一部分, 主要为孢粉的形态、分类及生理、生化等方面。其应用部分则各有侧重, 古孢粉学或称地质孢粉学主要为地层对比、寻找有关矿产, 尤其是煤和石油以及其他陆相沉积矿产服务。还应用于古生态、古环境、古地理、古气候学的研究。有时更详细的划分可以从中分出地层孢粉学、石油孢粉学、海洋孢粉学等。考古孢粉学可以为考古学家对古遗址的研究提供气候、植被等方面的情况。农业孢粉学用于土壤、养蜂、动物粪便等方面的分析, 以解决土壤形成环境, 蜜源植物的来源及寻找食草动物、食虫动物间食物链的组成及其相互关系以及虫媒花的媒介等。医学孢粉学用来寻找某些致病孢粉及其治疗和在法医学中作为寻找罪犯、判定犯罪现场等的线索, 以至作为判罪的重要证据。食物孢粉学是近来才兴起的, 人们可以通过对孢粉的成分的研究或研究对其有机质壁的破碎方法等, 为人类食品提供重要的微量元素及有机化合物的补充等。

由于植物的孢子和花粉数量极大, 欧洲榛 (*Corylus - savellana*) 的一朵花可产生 255 万颗花粉。林山毛榉 (*Fagus silvestris*) 一朵花可产生 63 万粒花粉。其他如椴 (*Tilia cordata*) 一朵花亦可产出 4 万余粒花粉, 欧亚槭 (*Acer pseudoplatanus*) 一朵花可产出 9 万粒花粉。数量巨大的花粉在开花盛期可形成花粉雨。中药里的松花粉就是松树的花粉。花粉有一

层由孢粉素组成的外壁,它是一种复杂的碳、氢、氧化合物,它能耐酸、碱,极难氧化,在高温下也难溶解,因此可以保存成化石。孢粉粒微小(直径一般在10~200微米之间)、体轻,有些还具有气囊,可以分布到较大范围。如松、云杉、椴等花粉均可飘飞1000多公里,即使如桦也可飘飞600公里。这就使得孢粉化石可以在较大范围内用于地层对比和古植被、古气候分析判断等。由于化石数量巨大,如采用统计方法及其他数学方法得到的数量资料可用于精确的分析和解释、处理各种资料,在现代植物和花粉雨研究的基础上,还可作到定量解释,要比单纯定性资料可靠得多。但在孢粉的研究方法中也存在一定的困难,如现代孢粉研究得不够(仅约几万种,为现代植物20多万种的 $1/3$ 至 $1/4$ )。化石孢粉的分类则更困难。小而易飘飞,各种植物孢粉产量不一,大小各异、飘飞远近不同,降落速度也不一样,对于正确恢复某一特定植物群的面貌有一定困难。

研究历史 孢粉学的发展是与显微镜的发明相关的。17世纪就有N.格鲁(1682)和M.马尔皮基(1687)对花粉进行过观察。此后直到19世纪末,诸多学者主要致力于对现代孢粉进行形态及结构方面的观察和描述,主要有J.E.普尔基涅(又译浦肯野)、R.布朗、H.von莫尔、C.J.弗里切、H.菲舍尔等。在19世纪30年代人们才开始注意化石孢粉的研究。德国C.G.埃伦贝格(1838)最早涉及孢粉化石,而有关孢粉化石的第一篇论文是瑞土地质学家弗吕赫提出的。

20世纪前半,对孢粉形态学的研究深入。G.拉格尔海姆

在 1905 ~1908 年的著作中首先对孢粉化石属种的百分含量进行统计。1916 年瑞典学者 L.von 波斯特在学术会议上宣读了题为“瑞典南部泥炭沼泽沉积的森林花粉”的论文。除了计算孢粉百分含量之外,他创制了孢粉谱和不同植物花粉的代表符号。1923 年格拉西莫夫发表了有关孢粉化石的文章,同年狄森和斯塔乌德描述了上石炭统的孢子。1935 年美国学者 R.沃德豪斯在研究一种因花粉过敏而引起的鼻腔炎症(枯草热病)而找出许多致病的花粉,出版了专著。1937 年 K.K.马尔科夫首先用孢粉学方法解决列宁格勒地区第四纪地层问题。同年 . . 格里丘克发明了重液浮选孢粉的方法,解决了从岩石中提取孢粉的难题。在孢粉分类方面有 A.易卜拉汉(1933)、C.H.娜乌莫娃(1937)、J.M.肖夫、L.R.威尔逊和 R.本托尔(1944)以及 R.波托尼和 G.O.W.克伦普(1954,1955 ~1956)等先后对化石孢粉的人为分类进行研究,并提出不同方案。同一时期 G.埃尔特曼于 1943 年首先出版了《花粉分析入门》一书,同时他对孢粉形态学作了大量工作。作为这一时期的结束,可以苏联学者 M. . 波克罗夫斯卡娅等集体合著的《花粉分析》(科学出版社,1956 中译本)和美国 R.H.楚迪等合著的《孢粉学概论》(R.H.楚迪和 R.A.斯科特,1969)总结前人工作,全面介绍了孢粉学的理论、方法和在各个领域的应用,至今仍是较好的入门参考书。

**孢子及花粉的形态** 孢子是隐花植物单细胞配子体;花粉是显花植物的雄形配子体,由两个和两个以上的细胞组成,它们是由母细胞经过减数分裂而产生的。各类植物产生的孢

子及花粉的形态构造各不相同。

花粉多为两侧或辐射对称的球体,外边包一较硬的花粉壁,称为外壁(exine)。在化石状态中也只有外壁能保存下来,外壁分为两层,外壁外层及外壁内层,外层又可分为覆盖层,柱状层和底层。外壁上具萌发孔是外壁变薄的区域,花粉萌发时花粉管即由此处伸出,不同植物花粉的萌发孔形状与数量不尽相同,长形的称为沟,短的称为孔,它的数目可以从一个至多个,也有无萌发孔的花粉,如樟科植物。外壁外层常具不同的雕纹,如颗粒状、刺状、疣状、网状、条纹状等。

68

孢子的外部常常被以一层薄柔的周壁,在化石状态中很易脱落,孢子的外壁无结构,因而在光学显微镜下孢壁显得致密、坚实。孢子的萌发孔为呈“Y”型的三裂缝或呈“|”型的单裂缝,以此区别于花粉。

孢子和花粉在形态上的鉴定特征通常为形状、大小、外壁的结构及纹饰等,最近英国学者探索用电子计算机辩读扫描照片上显示出来的纹饰细节进行鉴定。

为了研究方便,孢粉粒需要定向。一般首先确定其极。当孢粉尚处于四分体阶段时,朝里面的一面叫近极面。延于四分体中心的一点叫近极点。自近极点通过每个孢粉粒中心的连线外延与孢粉粒的另一侧外壁的交点叫远极点。二极点间的连线叫极轴。垂直极轴的最大直径称为赤道轴。包括赤道轴而垂直于极轴的平面叫赤道面,赤道面将孢粉粒分为两部分,孢粉可根据其近极、远极两部分体积分为等极和不等极两种。

根据孢粉粒在四分体中的排列方式有四方体型与四方形两大类。孢子或花粉的对称型式有左右对称、辐射对称和完全对称等3种。孢粉的形状也是多种多样的,主要取决于四分体的排列方式和萌发器官的类型。大体上依据极轴与赤道轴的关系分为5级。超长球形( $>8:4$ )、长球形( $8:4 \sim 8:7$ )、近球形( $8:7 \sim 7:8$ )、扁球形( $7:8 \sim 4:8$ )、超扁球形( $<4:8$ )。而化石孢粉往往在成岩过程中被压扁而失去原来的立体形状。它们在赤道平面和极面上的投影叫孢粉轮廓。极面观多呈圆形及多角形、裂片形;赤道面观则为豆形、圆形及各种不同程度椭圆形。孢粉的大小以微米计算,10微米以下的为很小的,200微米以上为巨大的,中间共分小、中等、大、很大4级。

孢粉成熟时,孢子的近极面沿射线裂开,花粉粒远极面上形成萌发孔。不同孢粉的萌发器官的数目(N)、位置(P)、特征(C)各不相同,是鉴定及分类的重要特征。

裸子植物有具气囊的花粉(松型)、有具单沟的船形花粉(苏铁型)、具乳头突起的球形粉(杉型)、不具明显萌发器官的球形粉(柏型)和橄榄形粉(麻黄型)。被子植物花粉类型多,也更为复杂。首先,二粒以上花粉粒集合在一起的称复合花粉,其中有二合、四合和多合花粉(4~16个花粉组合而成),许多花粉集成块状的叫花粉块。只具有一个单细胞花粉粒的叫单体花粉。可按其萌发孔及萌发沟的多少、大小、分布位置等分为许多类型。

由于孢子与花粉只是植物体的一部分,是其繁殖器官的

一部分。保存在孢子囊或花药内的叫原位孢粉,它们可以援用植物体的分类和命名。一些化石孢粉由于多呈单粒孢粉形式存在,各分散孢粉,只能作为器官属或形态属进行分类,因为有一些不同植物其孢粉形态可能极为相似,而同一属植物却可产生不同的孢粉,再者一些已绝灭植物产生的孢粉至今也已完全绝迹。因此孢粉化石的分类与命名常常是多种分类系统并存,意见不一,成为孢粉研究中的重要问题之一。

**化石孢粉** 在前寒武纪已经出现了孔型化石,但直至泥盆纪,化石孢子在地层中才丰富起来,原始的裸蕨化石花粉少量出现在泥盆纪,到早石炭世以后花粉大量出现。最早的可靠的被子植物花粉为单沟型的,它称为 *Clavatipollenites*,出现于早白垩世的巴列姆期,到晚白垩世方成为孢粉组合中的主要成分。

化石花粉的研究工作要求特殊的采样、分离、统计、计算及解释等一系列技术方法。

孢粉样品可以采自天然剖面或钻孔岩心,重要的是采样要严格,避免上下层位及现代花粉的污染,天然剖面要除去风化的表面,采集应自下而上,岩心要去掉表层以免泥浆及其他污染。孢粉样品的采集与大化石不同,要求在整个剖面系统取样,样品间距视研究目的、剖面厚度及地质时代的跨度而定,可以由1厘米到数米不等,一般地层越新,采样越密集,如全新统间距可以从不足1厘米到数厘米不等。

要从采集的沉积物中将孢粉提取出来,要经过物理和化学的方法处理,去掉矿物质及孢粉以外的其他有机物,使花粉

富集起来,以前较多采用碘化镉制成的重液,比重可达 1.8 ~ 2.3,正介于较重的矿物质和较轻的有机物质之间,用以将二者分开,但由于重液价格昂贵且毒性较大,而逐渐被其他物理化学方法代替,如沉积物中的钙质用盐酸,硅质等用氟氢酸溶解等。

富集后的孢粉保存于酒精,叔丁醇、硅油或甘油等介质中。制片时取其一滴置于载玻片上加以硅油、甘油胶、中性树脂等折光率高的介质,覆以盖玻片即可以观察。

孢粉的观察通常在放大 400 ~1000 倍的光学显微镜下进行,也可将孢粉作超薄切片;用透射电镜研究外壁的结构,用扫描电镜研究孢粉表面纹饰及萌发孔的结构。

晚新生代孢粉的鉴定是通过与现代植物孢粉薄片的对比而完成的,近年来一些实验室建立现代与化石花粉形态数据库,用计算机来检索,使孢粉的鉴定工作更加快速、准确。最近英国人开始尝试用计算机辨读花粉表面纹饰的扫描照片用于鉴定。

晚新生代以前的孢粉中有许多是绝灭类型,因此不能与现代植物孢粉直接对比,而常采用器官属和形态属这种半人为或人为的命名方法。

孢粉鉴定完成后,还需要统计各类孢粉的数量并计算它们相互间的数量关系。每个样品所需统计的孢粉数量与研究目的有关,一般从 150 粒至上千粒不等。L.von 波斯特以后普遍采用百分比的统计方法,即计算出每个样品中各类花粉中所占的百分比,称为花粉谱,这是所谓相对含量的统计方

法,相对含量中的每一个变量不是独立的,它们相互制约,为了克服这一缺陷,60年代初开始用外加花粉法来计算花粉的浓度(即单位体积或单位重量所含的花粉数量),之后又根据沉积速率计算出花粉的沉积率(即单位时间内在单位面积上所降落的花粉数量),这就是所谓的绝对含量统计。与百分比不同,绝对花粉含量的值有相对的独立性,它的变化不影响,也不受制于同一样品中其他孢粉类型的值的变化,能够较真实地反映植被与环境的演化。

孢粉统计的结果通常是绘成花粉图式来加以表达,即把各类花粉类型的百分比或浓度沉积率在一个地层序列或时间序列中表示出来。近年来计算及绘图工作都可以用电子计算机完成。

为了便于花粉资料的解释,一般将花粉谱划分为若干个花粉带,划带的主要原则是一个带内的花粉谱应有一定的相似性,带内花粉谱之间的差别应小于带之间的差别。花粉带的划分可以凭直观,也可以用多元分析的方法,常用的有聚类分析、主成分分析等。

花粉分析的结果可以用于:

确定沉积年代,进行地层对比 由于植物界由低级到高级的不可逆转的变化,每一个地质时代都有着这一进化线上特定的植物群。其基本方法是与一个由绝对年龄和其他化石特征所确定的标准剖面上下的花粉组合进行对比研究,这种方法对时代跨度较大的地层较适用,如果对时代跨度小的地层,如第四纪所能适用的范围就要减小,而且要考虑到化石

花粉沉积的环境,化石植物的迁移速度及局部绝灭等因素。

推断沉积时期的古气候、古地理及应用于古生态、古群落的研究等。这是采用“将今论古”的思想,使用这个方法的前提是假定同类植物在地质历史时期的生态要求大体与现代一致,因而不能用于太老的地层,一般用于新生代,特别是第四纪。为此必需了解现代不同气候及不同自然地理条件下的植被类型及它们所产生的花粉雨的特征,并将化石花粉组合与之对比,再根据与化石花粉组合相同的现代花粉雨所处地点的自然环境来推断沉积时期的古气候古地理条件,对比可以用直观的方法,用数理统计的方法进行对比更客观和确切。

在石油勘探中的应用 由于在石油钻探中大型化石不仅难以找到,而且易被粉碎,体小、量多的孢粉就成为地层对比的重要手段。从50年代开始在委内瑞拉使用孢粉资料进行地层对比,以后就广泛应用于全世界范围。除此以外,还能作为寻找生油层及储油层提供古生态及古地理的重要信息,从原油分离出来的孢粉,可以指示石油生成的地层年代及其迁移的过程;分析岩心中的孢粉及海相化石,并计算其比值的变化,可以指示石油形成的地点及层位。当前根据孢粉的颜色来推断石油的成熟度以指导石油勘探的方法也广泛应用于世界各国石油公司。

## 孢粉化石的分类和命名

classification and nomenclature  
of spore and pollen fossil  
bao fen hua shi de fen lei  
he ming ming

74

孢子和花粉是植物繁殖器官的一部分,在孢子囊和花药中逐渐发育,成熟后散开。对于现生植物,孢子和花粉的分类及命名一般情况下不会发生什么困难。只要对每一种植物的原位孢子进行研究,并沿用其植物母体的分类及命名即可。而对离开孢子囊或花药的分散孢子,尤其在散布在地层中已形成化石的绝灭的或古老的植物种的孢粉,则难于与其植物母体联系起来。何况保存在叶子上的孢子囊中的或花药中的原位化石孢粉,由于叶子及花本身就是形态属或器官属,很难确定其自然分类位置。加之,处理化石时也会混入非原位孢子,而难于分辨孰是孰非。再者,在现生植物中,对其孢粉已进行过研究的较少,也增加了一定困难。

从分类系统看目前可分为3类。自然分类系统:将孢粉化石按现代植物的分类系统,分别置入不同的分类阶元,并给予相应的命名。这种方法只适用现生种植物和第四纪及部

分新第三纪的孢粉化石的分类中,如水蕨(*Ceratopteris thalictroides*)。 半自然分类:对于中生代和老第三纪的孢粉化石,由于难以确切按植物学的系统分类进行分类命名。只能以器官属名出现,即首先按其可能从属于某类植物而给予一个相应的词,再以其自身的形态特征给予一个相应的词,二者组合起来形成一个孢粉化石的属种名。如三角山核桃(*Caryapollenites triangulus*)、小皱芦木孢(*Calamospora micronugosa*)、大型麻黄粉(*Ephedripites major*)、山龙眼粉属(*Proteacidites*)等。 形态分类法(人为分类法):以孢粉化石外部形态作为分类命名的主要依据,而不考虑其亲缘关系。多用于中生代早期及古生代的孢粉。相应的在孢粉化石种属的处理上也形成自然属+自然种、自然属或半自然属+形态种和形态属+形态种3种组合法。目前孢粉化石的分类及命名上争论较大的是晚白垩世至早第三纪的属种,对它们究竟应该使用人为分类、半自然分类,还是应该采用自然分类,意见纷纭,莫衷一是。目前有约5~6种孢粉的人为分类法在不同的范围使用。

对于孢粉化石的人为分类及其命名,也应遵守国际植物命名法规的各种约束和准则。所建立的属种必须指定模式标本,并遵从优先律的原则。

## 遗迹化石

trace fossils  
yi ji hua shi

地质历史时期的生物遗留在沉积物表面或沉积物内部的各种生命活动的形迹构造形成的化石。不包括由生物体变成的实体化石,更不包括各种自然营力(物理的和化学的)所形成的无机沉积构造。从沉积学角度来看也可以说遗迹化石是各种生物成因的沉积构造,如各种生物扰动、足迹、移迹、潜穴、粪化石等;以及生物侵蚀构造,如钻孔等。

**研究简史** 遗迹化石在早期(1824 ~1881)曾被当作海洋藻类描述,1960年前已记述258属,但近一半误认为是可疑藻,经过A.纳托尔斯特等人的努力,20世纪20年代以后遗迹化石学有了显著的进展,50年代由S.赛拉赫等人的研究工作,奠定了理论基础,许多重要的著作问世,70年代后召开过多次国际学术会议。

**遗迹化石的性质** 同古生物实体化石比较,遗迹化石具有下列特殊性质。绝大多数遗迹化石都是原地保存,不像许多实体化石会被水流搬运。无论是产生于沉积物表面的足

迹、移迹或产生在沉积物内部的潜穴、钻孔,都会随着沉积物的成岩固结作用而保存在原地。水流作用只能导致其侵蚀和破坏,并不起搬运作用。遗迹化石的这种性质,可以用来更准确的恢复沉积环境。因此多数遗迹化石是可靠的指相化石。地层中同一个化石产地所发现的遗迹化石组合称为遗迹群落,它是一个生物群落中造迹生物活动的证据。遗迹化石的地史分布一般比古生物实体化石长,不像许多实体化石那样可以作为标准化石,这主要是因为代表生物习性特征的遗迹化石不像各种生物形态特征那样演化迅速。这一方面降低了遗迹化石的生物地层学价值,另一方面却提高了它们的指相意义。在地史时期相类似的环境条件重复出现时,一些相类似的遗迹组合就会在不同地质时期重复出现。赛拉赫把这些在地史时期重复出现的遗迹组合称为遗迹相。同一种造迹生物由于习性行为不同可以形成几种完全不同的遗迹(同物异迹),例如三叶虫在海底上爬行产生的足迹称双轨迹,三叶虫在底层形成的停息迹为椭圆二叶形,称皱饰迹,三叶虫的觅食潜穴称二叶石或克鲁斯迹。相反的情况是不同门类的生物由于适应相似的环境可以形成相同的遗迹(异物同迹),例如在近岸强烈水动力条件下的砂岸,不同门类的生物可以造成垂直管潜穴石针迹,或者不同的生物可以形成U形潜穴。

遗迹化石既可以同古生物实体化石共同产生,也可以在缺乏实体化石的地层中产生,具有硬壳的生物可以造成遗迹,缺乏硬体只有软躯体的生物(例如蠕形动物)也可以造成遗迹。许多实体化石贫乏的砂岩系或复理石建造往往含有丰富多彩

的遗迹化石。前寒武纪在具有硬壳的化石出现之前也已经有大量的遗迹化石被发现。遗迹化石不仅在各种沉积岩中可以形成,即便是在变质或者火山岩中也可以有钻孔化石存在。

遗迹化石很少同造迹生物一起被发现,因此除去较高级的脊椎动物足迹化石或少数停息迹(如五辐射的海星或三叶虫等),容易确定其分类位置以外,大多数遗迹化石很难确定其造迹生物的系统分类。因此必须对遗迹化石的构造进行仔细的形态功能分析和同现代生物遗迹进行类比。

**遗迹化石的分类** 多年来对遗迹化石的分类沿着三个方面进行。遗迹是由各种生物造成的,因此,自然希望遗迹的分类同生物的系统分类吻合。但是既然遗迹化石很少同造迹生物共同保存,并且遗迹化石随着生物的行为习性而容易变化(同物异迹或异物同迹),因此根据遗迹来判断造迹生物的系统分类和彼此的亲缘关系在目前很难作到。当前对于脊椎动物的足迹可以划分到纲一级,对于某些无脊椎动物遗迹也只能划分到门(或纲)。对于已经绝灭的动物和软躯动物的遗迹分类也很难准确。因此目前只能采用遗迹形态特征的人为分类,基本上不考虑它们的系统进化关系。

**遗迹化石的保存分类。**既然遗迹是生物成因的沉积构造,因此有些地质学家希望根据遗迹的保存情况进行分类。保存在岩层表面的遗迹称为外生迹,而埋藏在沉积底层内部的称为内生迹,内生迹发育为三度空间的构造称为全浮雕,遗迹保存在岩层上表面时称为上浮雕,保存在岩层底面的称下浮雕等。这种分类对区别遗迹的野外产生情况非常重要,也是判断沉积环境必

不可少的分类,然而却和造迹生物的分类无关。 遗迹化石的行为习性分类是目前比较广泛被人们采用的遗迹化石分类。由于遗迹是生物活动的证据,每种遗迹都反映一定的行为习性,因此根据形态特征可以判断相应的生态习性。赛拉赫 1953 年提出的遗迹化石习性分类目前仍被广泛采用。

**停息迹** 动物停止运动,栖息隐藏或伺机捕食,在底层沉积物上形成低浅的凹坑,凹坑反映该动物的腹侧印痕,但在化石状态下却容易保存为上覆岩层的底部凸起内模。软体动物、海星、蛇尾、蟹、虾、鱼以及三叶虫均可以造成停息迹,现代浅海透光带许多动物隐避在底层或略被砂所掩埋或利用色泽与底层相似而伪装等均可造成停息迹。有些动物有趋流性,它们的口部或觅食器官向水流排列,所以停息迹可以有一定的排列方向;停息迹大多数为浅海大陆架环境,少数也可以产生在较深水(如海星停息迹)。

**居住迹** 多为底栖半固着的滤食性动物为保护自己能永久栖居而建造,常为垂直或斜穿沉积物的营穴或钻孔,也可以是 U 形或分枝的潜穴系统,生物居住构造特征一是坚固不易破坏,常具各种粘结构造或衬里;二是潜穴一定要与海底上的海水沟通,以利于新鲜水流的循环,从而带来食物和新鲜氧气并带走排泄的废物。钻孔则是在坚硬的岩石、木头、贝壳、卵石上形成的。居住在洞穴内的生物大多具有特殊的滤食性觅食构造(如舌形贝用触手,蠕虫和腹足类利用粘膜网,双壳类用水管,海胆用步足等),有些居住构造兼营觅食活动。

**觅食迹** 由内生以沉积物为食的动物深入沉积物内部,

为找寻食物而形成的觅食潜穴。这些动物经常围绕居住地穿过沉积物形成各种生物扰动构造。许多蠕虫类是有效的食泥动物,此外软体动物和部分节肢动物均可形成觅食迹。觅食迹可以是垂直或平行层面的潜穴或通道,也可以是从“J”形或“U”形管开始围绕潜穴剥食周围沉积物。觅食动物可以无选择的大量吞食沉积物,也可以选食较细的颗粒,它们常常把分选的或经过消化的排泄物残余堆在旁边。因此觅食迹的主要特征是在潜穴内部或其通道两旁形成各种回填构造。例如化石中常见的 Zoophycos、Daedalus 和 Chondrites。

80

**牧食迹** 由动物沿沉积底层表面或其附近,一面爬行一面啮食海底藻类薄膜或沉积物表层的有机物,形成的非常系统的蛇曲形、放射形等高度对称的花纹构造,大多是由比较活动的环节动物、节肢动物、软体动物及棘皮动物形成,它们形成的蛇曲形、螺旋形觅食花纹排列越紧密表明它们的觅食效率越高。许多牧迹往往是深海浊流沉积物所特有的遗迹化石,如常见于各时代复理石相的 Helminthoida、Paleodictyon 等。

**爬行迹** 动物运动形成的各种足迹、移迹、通道。足迹主要是由有脚的较高级的动物(脊椎动物)以四足或两足行走,或节肢动物以附肢爬行运动形成的,那些缺乏发育的运动器官的蠕虫、双壳动物、腹足动物、海胆等可以形成移迹或通道。爬行迹大多形成于潮湿的沉积底层表面之上或水下沉积顶面成凹形印痕,由于容易在形成后被风化或水流破坏,所以往往是迅速埋藏形成的。

除去上述赛拉赫的 5 种习性分类以外,英国辛普逊 1975 年曾经补充了一种逃逸迹,是指动物随着当地沉积作用或侵蚀作用的变化,为了逃避不利的环境适应合适的环境而向上或向下作一定距离的移动形成的。

**遗迹化石的应用** 遗迹化石的研究可以为古生物学、地层学、古生态和沉积环境提供许多有用的资料:

**对古生物学的意义** 遗迹化石可以补充古生物实体化石在地层分布和保存上的不足。现代生物群落中,只有那些具有硬体的生物才能保存成实体化石,软躯生物很难保存成实体化石,但软躯生物却可以形成遗迹化石,补充化石群落的多样性。广西早泥盆世莲花山组只发现过鱼类骨片及介形虫、少数软体动物和舌形贝,但已发现有许多遗迹化石,如以浅海三叶虫潜穴为主的 *Cruziana* 及 *Chondrites* 等遗迹。许多地层中的遗迹化石研究特别是前寒纪遗迹化石的研究,将会对后生动物的进化和起源提供丰富的资料。

**在地层学的应用** 尽管大多数遗迹化石的地史分布较长,不利于划分对比地层,但经过详细研究的三叶虫潜穴 *Cruziana* 和 *Rusophycus* 在古生代(寒武纪至泥盆纪)却能用来作为划分对比地层的重要依据。在中国云南、四川广泛分布的 *Cruziana rugosa* 遗迹群落不仅可以对比云南早奥陶世红石崖组和四川的大乘寺组,而且可以同西欧及世界各地早奥陶世阿仑尼格阶对比。在区域地质调查中,含遗迹的层位往往可以考虑作为区域对比的标志。

**在古生态学和古环境分析中的作用** 由于遗迹化石几乎

完全是原地埋藏,所以在决定沉积环境方面起着重要的作用。遗迹化石的出现表明海底当时气体环境良好,因此才有生物存在。研究古环境应当注意遗迹化石群落组合的变化。遗迹化石种类稀少而个体数目很多表明是极端的环境,例如微咸水或超咸水环境。正常浅海环境以多种遗迹类型为特征,数量众多的停栖迹和居住迹以及比较少数觅食迹。大量的牧食迹和觅食迹,少数停栖迹或居住迹,表明是较深水(例如浊积岩及复理石)或静水环境。

应用遗迹化石组合确定古环境最典型和广泛流行的是赛拉赫 1967 年提出的遗迹化石深度分带。他区分出 6 个按深度划分的遗迹相: Scoyennia 遗迹相,近岸红层或非海相主要是两栖性的甲壳类,叶足类和肢口纲遗迹及昆虫幼虫潜穴。

Skolithos 遗迹相,滨海上部潮间砂体环境,以分异度很低的垂直潜穴,泥质沉积中往往以“U”形潜穴为主,坚硬的岩岸以大量钻孔为特征。Glossifungites 遗迹相,滨海侵蚀面以近岸滤食性动物潜穴为特征。Cruziana 遗迹相,产于大陆架正常浅海环境,以各种无脊椎动物停息迹、爬行迹和觅食迹混合。Zoophycos 遗迹相,产生于大陆斜坡附近波浪基准面以下浊流沉积以上,以系统觅食迹为主。Nereites 遗迹相,产于较深海浊流沉积和深海扇出现各种复杂的系统觅食迹。以雕画迹(Graphoglyptida)占主要位置。

除去以上遗迹相模式以外,近年来有人主张再建立 Trypanites 遗迹相和 Teredolites 遗迹相。前者为滨海岩岸或硬底钻孔遗迹相,后者指木质基底上的钻孔遗迹相。

专门研究遗迹化石的古遗迹学与研究现代生物遗迹的新遗迹学(Neoichnology)都是遗迹学的组成部分。遗迹学专门研究各种生物成因的构造,如生物扰动、生物侵蚀和生物活动形成的成层构造等,以至各种生物活动的产物如粪粒、卵、胃石等。

## 钙质超微化石

calcareous nannoplankton  
gai zhi chao wei hua shi

1 ~35 微米大小的碳酸钙质化石,包括颗石藻类(coccolithophorid)所产生的颗石(coccolith)及与其相似的化石,也包括与颗石化石共生并且大小相近,但形状不同,归属不明的绝灭类别如白垩纪的微锥石类(nannoconids)与第三纪的盘星石类(discoasters)等。

研究简史 当 C. G. 埃伦贝格 1836 年发现白垩纪中钙质超微化石时,以为是无机成因的物体,称作形石(Morpholithe);直到 19 世纪 60 年代发现颗石结合成球状的颗石球(coccosphaere)并在热带大洋中发现现生具颗石球的生物时才最终确定了颗石的生物成因。然而直到 1954 年,美国 M. N. 布拉姆莱特与 W. R. 里德尔提出钙质超微化石的地层意义后,方才开始受到重视。尤其是 60 年代后期深海钻探开始、

扫描电子显微镜应用于生物学以来,受到地质界,特别是海洋地质界的广泛注意,已经成为中、新生代海相地层与古海洋学研究的主要材料之一。

中国超微化石的研究于 70 年代晚期、80 年代初期开始于东海与台湾地区,接着又在南海北部和华北地区的晚新生代、新疆地区的第三纪等地层中开展工作,为石油勘探,地层对比与古地理变迁研究提供了重要根据。

**颗石** 金藻门颗石藻纲单细胞生物的产物。颗石藻既具载色体,可以制造营养;又有鞭毛可以运动。因而长期以来被动物学家视为动物,被植物学家归为植物。但近年来多被列为藻类并采用植物学命名方法。颗石藻在细胞的外层分泌出颗石,并排列成球面状,形成颗石球,每个颗石藻所含颗石数量不等,最多可达 200 余枚,即使同一种的个体其颗石数量亦有一定幅度变化。颗石藻在生命周期的不同阶段具有不同的构造,一般非活动期具有颗石,活动期不具颗石或者具有另一类型的颗石。颗石藻生长迅速,主要以细胞分裂的方式进行繁殖,一天之内可分裂 1~5 次,然而也有有性生殖的报道。颗石藻靠光合作用自养,但也有摄食细菌和更小藻类的。

在电子显微镜下观察,颗石由许多细小的方解石晶体排列而成。按晶体形状颗石可分两大类:一类全由形状、大小相似的晶体构成,称为同晶颗石另一类由不同类型的晶体配合而成,称为异晶颗石。有时;同一种颗石藻可以产生这两种颗石,如远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* 是异晶颗石,属非活动期的产物;而其活动期则产生同晶颗石,同晶颗石易于溶解散

失,虽然自中生代以来的地层中均有发现,但相当少见,通常在钙质超微化石群中出现的,多属异晶颗石。其基本构造系由一圈细小的晶体联结成环,由一个或数个同心环联结成盾。通常的颗石由上、下两个盾相叠而成,在中央由中心管相连。贴近细胞的盾往往内凹,称近极盾;靠外的盾常外凸,称远极盾。在显微镜正交偏光下观察,颗石的盾显示出四条消光带,其位置随载物台的旋转而移动。由于各种颗石形状不一,盾的数目、形状、厚度、晶体的排列方式、数目、形状不同,加以颗石中央可以有桥、十字或筛状等等不同的构造,可以根据颗石在正交偏光下的干涉图象和在单偏光下的透视图象进行比较,作出鉴定。

典型的颗石为上述的双盘型,通常呈椭圆形,如颗石 (*Coccolithus*) a 赫胥黎艾氏石 *Emiliana huxleyi* 远极视、b 弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus* 远极视、c 远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* 近极视、d 鸡冠角状石 *Ceratolithus cristatus*、e 典型螺球石 *Helicosphaera carteri* 远极视、f 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 颗石球)、桥石 (*Gephyrocapsa* 均属中国东海第四纪标本) a 赫胥黎艾氏石 *Emiliana huxleyi* 远极视、b 弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus* 远极视、c 远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* 近极视、d 鸡冠角状石 *Ceratolithus cristatus*、e 典型螺球石 *Helicosphaera carteri* 远极视、f 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 颗石球)、艾氏石 (*Emiliana* 均属中国东海第四纪标本) a 赫胥黎艾氏石 *Emiliana huxleyi* 远极视、b 弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus* 远极视、c 远洋颗石 *Coc-*

colithus pelagicus 近极视、d 鸡冠角状石 *Ceratolithus cristatus*、e 典型螺球石 *Helicosphaera carteri* 远极视、f 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 颗石球等)；也有呈圆形者，如钙盘石 (*Calcidiscus* 均属中国东海第四纪标本) a 赫胥黎艾氏石 *Emiliana huxleyi* 远极视、b 弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus* 远极视、c 远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* 近极视、d 鸡冠角状石 *Ceratolithus cristatus*、e 典型螺球石 *Helicosphaera carteri* 远极视、f 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 颗石球)；亦有呈螺旋形者，如螺球石 (*Helicosphaera* 均属中国东海第四纪标本) a 赫胥黎艾氏石 *Emiliana huxleyi* 远极视、b 弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus* 远极视、c 远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* 近极视、d 鸡冠角状石 *Ceratolithus cristatus*、e 典型螺球石 *Helicosphaera carteri* 远极视、f 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 颗石球)。由于盾或者中央构造的形态，可以成为边缘加厚的盘石形，如条球石 (*Syracosphaera* 及边缘高耸的篮石型，如篮石 (*Scyphosphaera*) 或长菱形的舟石型，如舟石 (*Scapholithus*) 和长棒形的棒石型，如棒石等。

非颗石类钙质超微化石 与颗石类形状不同而与之共生，一般构造比较简单，大多由少量的方解石晶体构成，个体也往往较大，如五个片状晶体构成的五边石型，两个晶体组成钩形或马蹄形的角状石型 (如角状石 *Ceratolithus* 均属中国东海第四纪标本) a 赫胥黎艾氏石 *Emiliana huxleyi* 远极视、b 弱孔钙盘石 *Calcidiscus leptoporus* 远极视、c 远洋颗石 *Coccolithus pelagicus* 近极视、d 鸡冠角状石 *Ceratolithus cristatus*、e

典型螺球石 *Helicosphaera carteri* 远极视、f 大洋桥石 *Gephyrocapsa oceanica* 颗石球,几个长形晶体构成的星石型(如盘星石 *Discoaster*),短柱楔形的楔石型(如楔石 *Sphenolithus*)等等。有的已经查明属性,如由多边形晶体组成空球状的胸球石(*Thoracosphaera* 属于钙质甲藻)。

分类 对于钙质超微化石属以上的分类,并无一致意见,因此有些学者宁可按字母为序排列属种。按 W. W. 海(1977)统计,共 40 科,230 属;K. 佩克 - 尼尔森(1985)列出有地层意义的类别,计:中生代 23 科、196 属,新生代 20 科,120 属。

经济意义及应用 可靠的钙质超微化石始于侏罗纪,但在古生代与三叠纪地层中亦曾有零星发现,如中国南部泥盆系中便曾有报道。钙质超微化石个体微小,数量极多,在 1 立方厘米现代大洋钙质软泥中可含多达 1 万亿枚的颗石,在浅海沉积中亦可达 10 亿枚,因此一般取样几分之一毫升即可,适用于海底钻孔和岩屑、壁心样品。加以超微化石分布广泛、演化迅速,是深海钻探和海上石油勘探中生物地层工作的主要依据之一。

用于钙质超微化石分析的样品以泥灰质海相沉积为最好,但凡含有细粒沉积物的海相地层均可使用,唯不含钙质或重结晶、变质的岩层不能适用。通常使用的分析方法极其简单,只需取米粒大小的样品加水,用涂片法制片或加入加拿大树胶制固定片后,即可在放大 600 ~1000 倍左右的偏光显微镜下观察鉴定;只在作详细研究或对第四纪等地层中特别细小的超微化石作鉴

定时,才需使用电子显微镜放大数千、上万倍观察。

钙质超微化石的应用亦局限于侏罗纪以来的海相地层,其中侏罗纪的已描述 70 属,但目前尚缺乏成熟的化石划分方案。白垩纪时超微化石的属种最为丰富,H.西辛格(1977)根据西欧剖面分为 26 个化石带(CC1—CC26),P.H.罗思(1978)据北大西洋材料分出 23 个化石带(NC1 - NC23);新生代的化石分带运用最广,E.马蒂尼(1971)据陆地剖面分出早第三纪 25 个化石带(NP1 - NP25)和晚第三纪以来 21 个化石带(NN1 - NN21);D.布克里(1973,1975)以及大方和布克里(1980)以深海剖面为主分出早第三纪 19 个带(CP1 - CP19)和晚第三纪以来 15 个带(CN1 - CN15)。在中生代地层中,分带化石除颗石类外有微锥石(Nannoconus)等;在第三纪地层中,主要靠盘星石(Discoaster)、螺球石(Helicospheare)、楔石(Sphe - nolithus)等。其中特别重要的是盘星石类化石,演化迅速、规律明显,以古新世到上新世由笨重变细弱,古新世 - 始新世时的类型枝数多,枝间缝合线弯曲、呈玫瑰状,中新世 - 上新世枝数变少,枝间缝合线直、呈星状,是第三纪地层划分的良好根据。中国如南海北部与台湾的第三纪,钙质超微化石已是地层划分的主要依据之一。然而钙质超微化石个体过小,容易再沉积和污染,亦易于溶解、重结晶和自生加大,为鉴定和应用带来困难;加以大多属种限于温暖海区,上述化石分带主要只适用于较低纬度区。

现代颗石藻属海相浮游生物,主要生活在开放性海域,但海湾、泻湖、河口甚至淡水中也有,唯属种急剧减少。在现代

大约 200 种颗石藻中仅两种见于淡水,且不能保存为化石。钙质超微化石大量地与浮游有孔虫共生;但在缺乏浮游有孔虫的近岸地层中,如台湾与南海北部的渐新统,仍可有钙质超微化石产出并指示地层年代;甚至在早第三纪的渤海湾盆地非海相地层中,也有属种单调的颗石类化石产出,可能系海水短暂影响的产物。

钙质超微化石对温度反应灵敏,因而可以按属种分布作古温度定性分析,也可以用各种的百分含量通过转换函数等数学方法求得古温度定量数值,还可以用钙质超微化石的氧同位素<sup>16</sup>O 测定古温度。此外,钙质超微化石还有大洋水团的指示性种,如薄形伞球石 *Umbello-sphaera tenuis* 的普遍存在指示现代东海的外海水属于北太平洋水团。因此,在古海洋学研究中有广泛的应用。

## 疑源类

Acritarchs  
yi yuan lei

亲缘关系不明的具有有机质壁的单细胞微体化石;其内容比较庞杂,主要是不同门类的单细胞藻。可能包括一些沟鞭藻(无沟鞭藻类的鉴别特征)和绿藻等,绝大多数为飘浮类型。此类化石由一中央腔和包围它的单层或多层有机质壁组

成,有抗酸、碱的能力。中央腔封闭或以孔、裂缝或破裂、圆形开口等方式与外部相通。其对称性、形态、结构和纹饰等变化不一,以球形体和刺状体为主,直径从十几微米至数百微米不等,通常小于 100 微米。

美国学者 W .R .埃维特于 1963 年提出这一术语,同年 C .唐尼等人将疑源类化石按形态分为 13 个亚类。在地史上,此类化石最早出现于前寒武纪并一直延续到第四纪,在古生代极为丰富,尤其繁盛于奥陶纪、志留纪和泥盆纪,晚古生代开始衰退,中、新生代时属种显著减少。它可作为判断古沉积环境的良好标志,古生代时几乎全为海相,中、新生代则以海相为主,淡水沉积中也有记录;在页岩、泥岩或泥灰岩等岩性中颇为富集。目前,它已成为孢粉学的重要内容之一,被广泛应用于地质时代的确定、地层的划分与对比和古生态的探讨等领域;尤其对石油的形成及勘探具有一定的实际意义和理论价值。

## 小壳化石

small shelly fossil

xiǎo qiào huā shí

一些寒武纪最早期海生无脊椎动物的泛称,特指寒武纪最早期海相地层中出现的原始带壳小动物化石。已发现有最原始的软舌螺、似软舌螺类(Hyolithelmites)、单板类、双壳

类、腹足类、喙壳类、腕足类、海绵类、锥石类、节肢动物、管状化石 (tubular fossils)、牙形刺状化石 (conodont-like fossils)、球状化石 (globular fossils) 和其他一些分类位置尚不明的动物化石,如腔骨类 (coeloscleritophoran)、托莫特类 (tommotiids)、开腔骨针类 (chancelloriids)、拟骨状壳类 (paracariuachitiids)、织金壳类 (zhijinitids)。这些化石往往共生在一起,组成一个丰富的多门类动物群,其中以中国扬子地台寒武系最底部的梅树村阶动物群和苏联西伯利亚地台的托莫特动物群为最典型。这些化石的特点是个体小,肉眼难以见到,大小在 0.1 ~5 毫米左右。其形态多种多样,如软舌螺类、似软舌螺类、拟牙形刺类大多呈锥形;腹足类大多呈旋转锥形;单板类、多板类、腕足类大多呈帽形、贝壳形;海绵呈针形、放射形;锥石类多呈锥管状,腔骨类、托莫特类、开腔骨针类、织金壳类呈多骨片或多骨针系列等等。小壳化石分布广数量多,在世界各大洲都有发现,而且已成为寒武纪最早期建阶划带的标准化石,也是划分前寒武纪和寒武纪地层界线最重要的古生物依据。此外,数量上的突发性和特征上的原始性,更引起人们的注意。小壳化石繁盛于软躯体动物群(伊迪卡拉动物群)之后,三叶虫动物群之前。在前寒武纪末期几乎没有发现,而在寒武纪一开始便突然大量出现。在形态特征上它们又各自与稍晚一些时候的有关古动物门类相类似,但又存在很多的差异,表现了早期小壳化石的原始性。这种原始性对于研究后生动物的发生、进化具有十分重要的意义。

## 几丁虫

Chitinozoa

ji ding chong

已绝灭的一类亲缘关系不明、分类位置不定的海生微体古生物化石。单体或群体。大小 50 ~2000 微米不等,多小于 500 微米。外形为长颈瓶状、壶状或圆筒状等。壳囊主要由壳体和壳颈组成(少数不具壳颈);沿中央轴辐射对称。一端开口,称口端;另一端封闭,称反口端。表面光滑或具粒状、线状、刺状或皱状等各种纹饰。生存于 5 亿年前到 3 亿年前的奥陶、志留及泥盆纪。鉴于其不透明或半透明的类几丁质壳壁,德国微体古生物学家艾森纳克(1931)最初将其作为一类独立的化石,命名为几丁虫。

几丁虫壳壁质地极脆,壳体部分厚度大致均匀,向口端常渐趋变薄。壳壁结构有 1 层、2 层或 3 层者,外层常具纹饰。壳壁成分到目前尚无定论,不过,多认为属有机质,但非真正几丁质。几丁虫的分类主要依据外部形态、表面纹饰、壳体底缘特征等,亦有部分按内部构造划分。目前多数学者将其列为几丁虫目,分两大类(亚目)、3 科、50 余属、400 多种。巴里(1981)提出一个较为适用的分类方案,分几丁虫为口盖几丁虫及颈塞几丁虫两大类。口盖几丁虫下仅包括链几丁虫科及 4 个亚科。颈塞几丁虫类含锥几丁虫科及瓶几丁虫科的 10

亚科。

目前多数学者认为几丁虫属动物界。主要说法有：与原生动物有关；属于或类似于某些已绝灭的后生动物的卵或卵囊，几丁虫壳壁的超微结构研究亦支持此说；是一类独立的已绝灭的后生动物；几丁虫壳囊是笔石原胎管之前的阶段，即所谓前原胎管（preprosocula）期的化石；和浅水的沟鞭藻等藻及菌类有关。还有人认为几丁虫并非一自然类群，而是包括后生动物、藻菌类等的混合类群。

## 牙形石

conodonts

ya xing shi

具有各种各样尖齿或锯齿状物的古代动物遗体，是微体古生物学的重要研究内容之一。牙形石的个体很小，从不足0.1毫米到不足4毫米，属微体化石范畴。未经变质的牙形石一般呈琥珀光泽，浅褐黄、灰白色，透明或不透明。其主要化学成分是磷酸钙，由磷灰石类矿物呈纤维状或薄片状排列而成。牙形石的外表形态多样，可概括为单锥型、复合型和平台型3大类。无论哪一种类型的牙形石底部都有一凹穴，称为基腔。基腔所占部位统称基部，其上为具有齿状构造的齿体部分。从牙形石的演化来看，复合型由单锥型牙形石演化

而来,而平台型则源于复合型牙形石。

20世纪50年代以前,牙形石主要采自页岩(在页岩的层面上或经机械处理)。50年代以后,则主要得自石灰岩。在页岩的层面上,有时可以看到牙形石成对、成行规则排列的现象,这是一个牙形石动物的各部骨骼按原来面貌、几乎原封不动的保存下来,被称为牙形石自然群集。在一个牙形石自然群集中,可以包含有不同形态的牙形石,另一方面,同一形态的牙形石也可以在不同的自然群集中出现。这表明,仅依牙形石外表形态的差异而命名的分类,是形态分类。经长期研究发现,酸解石灰岩所得牙形石中,某些牙形石有共生现象,不受地理范围的限制;而且还有按比例共生的关系。据此,再参照牙形石的时代分布以及它的颜色、光泽、大小、基腔、表面装饰、内外微细结构等特征,可以恢复牙形石动物的各部骨骼组合关系。有些牙形石动物是由单一形态的牙形石组成的,而另一些牙形石动物则由两种或两种以上的牙形石组成。前一类称为单分子牙形石,后一类称为多分子牙形石。

对牙形石的生物分类位置问题至今仍未解决。60年代以前,主要有鱼牙说、虫颚说。近来又有牙索动物说、触手环动物说等。

牙形石在各种沉积物中分布甚广。灰岩和页岩中最多,白云岩、燧石次之,甚至在砂岩、砾岩中也可以发现。但牙形石仅限于海相沉积物,浅海、广海沉积物中均有。在非海相沉积物中至今尚未见到。牙形石从古生代的寒武纪开始出现,以后几经盛衰,绝灭于中生代的三叠纪。其演化历程达3亿

年之久。牙形石在这个期间演化十分迅速,使得它有可能成为标准化石,有效地用于地层的划分和对比。牙形石的形体很小,在钻探工程的少量岩心和岩屑中同样可以采到,这是它的另一优点,是其他大化石所不及的。牙形石在地层划分和对比中,尤其是井下地层的划分对比中正日益起着重要的作用。

## 伊迪卡拉动物群

Ediacaran fauna

Y i di ka la dong wu qun

已知的最古老的海洋后生动物群,由最早的海生软躯体化石和遗迹化石组成。1947年由澳大利亚地质学家 R.C. 斯普里格首先在南澳大利亚伊迪卡拉山前寒武纪晚期的庞德砂岩内发现而得名。

已发现的近 2000 件化石标本的门类属种数量如下:

腔肠动物门:(67% )

类水母体:

*Ediacaria flindersi*, *Beltanella gilesi*, *Medusinites asteroides*, *Cyclomedusa davidi*, *Eopopita medusa*, *Brachina delicata*, *Hallidayadelicata*, *Hallidaya brueri*, *Skinnera brooksi*, *Cyclomedusa radiata*, *Cyclomedusaplana*, *Mawsonitespriggi*,

*Conomedusites lobatus*, *Lorenzinites rarus*, *Pseudorhizostomites howchini*, *Chondroplon bilobatum*, *Rugoconites enigmaticus*, *Rugoconites tenuirugosus*, *Kimberella quadrata*, *Ovatoscutum concentricum*。

#### 海鳃类:

*Ranea longa*, *Ranea grandis*, *Pteridium cf. simplex*, *Arborea arborea*。

#### 环节动物门:(25%)

*Dickinsonia costata*, *Dickinsonia elongata*, *Dickinsonia tenuis*, *Spriggina floundersi*, *Spriggina? ovata*。

#### 分类位置未定:(5%)

*Praecambridium sigillum*, *Parvancorina minchami*, *Tribrachidium heraldicum*。

腔肠动物类水母体化石主要是游泳的,钟状外形,保存为印模者较多。口部及触手的外形还不清楚。从外形及表面不同装饰,如同心状、放射沟状、突出叶状物等来分类,有许多属可以区分出来,如 *Ediacaria*, *Medusinites*, *Cyclomedusa* 等属是常见的。*Mausonites* 比较特殊,有单一同心状脊及盾状外形的物体,看来是一群体水螅漂浮室的支持物。*Conomedusites* 是一锥状化石,有4重对称及许多触手,应属于钵水母纲的原始锥石类。腔肠动物门的3个纲在伊迪卡拉动物群内都有代表,并可能有钙质骨针的痕迹。还有一些属钵水母纲及水螅纲,有可疑的几丁质的骨骼。没有发现钙质珊瑚的痕迹。

环节类的蠕虫有两类,一是体平及多节的狄更逊蠕虫,与

现生的 *Spinther* 相似,过去曾称为狄更逊水母。另一类是更像蠕虫的斯普里格蠕虫,它有马蹄形的头部。

*Parvancorina* 像是一个甲壳动物或三叶虫的生长过大的幼虫,其他则与海鞘类被囊动物可以相比,它的亲缘关系还不清楚。*Tribrachidium* 似属棘皮动物中稀少的三辐射对称一类,没有现代的及早寒武世的棘皮动物所具有的钙质板的痕迹。*Praecambridium* 个体小,它可以有几丁质的壳,附在分类位置不明的动物分节体上。

后生动物软体印模能在厘德砂岩里保存下来,是由于该砂岩沉积时波浪及水流强度暂时减弱,动物软体与细泥砂合在一起,软体正在腐烂时或腐烂之后被盖上另一层细砂,原来软体的印模即被保留。如软体较长期不腐烂,则盖上去的细砂的下表面还可具有印痕。

伊迪卡拉动物群的组成说明它生活于海洋环境,从沉积物来看说明是浅海,大概只有 6 ~7 米的深度,并距海岸很近。在这样的环境下,蠕虫状动物可在海底砂里钻洞或在砂上觅食,海羽笔类可以扎根砂里。大多数水母是从开阔海洋漂浮而来的。一些狄更逊蠕虫体在它们被埋藏的地方显示了收缩与扩张。还有一个种有许多大小不同生长阶段的个体,这说明它们生活的地方与埋藏的地方很近。

除澳大利亚外,在西南非洲前寒武纪晚期至早寒武世的 Nam a 系中的 Kuibis 石英岩内有 *Rangea*, *Pteridium*。产于英格兰莱斯特郡的 *Chamia* 与 *Rangea* 非常相似,同位素年龄是 8.6 亿年前。与 *Chamia* 相似的化石还发现于西伯利亚北部

奥列涅克高地,其同位素年龄是 6.75 亿年前。在俄罗斯中部一钻孔中,与 *Spriggina* 相似的化石也有发现。

寒武纪大量出现的动物及其分异,与前寒武纪晚期出现的伊迪卡拉动物完全不同,这是生物进化史上的一个重大问题。两期动物群最大的一个差别是在进化的进程中产生了硬壳从而造成了许多新门类。这两期动物群在生物进化史上的关系尚不明了,中间的间隔近 1 亿年。寒武纪动物出现是海生无脊椎动物在生物化学及生理学方面有了重大改变并全面发展的结果。

## 澄江动物群

Chengjiang fauna

Cheng jiang dong wu qun

1984 年发现于云南省澄江县城东南帽天山早寒武世早期地层的动物群。以多门类海生软躯体和保存有软体部分的古无脊椎动物化石为代表。包括海绵、腔肠动物、蠕虫、腕足类、软舌螺、内肛虫、节肢动物和一些分类位置不明的化石。化石丰富,其软体组织、器官保存完美,是迄今世界上已知少数几个早期珍贵无脊椎动物化石产地之一。

化石产于下寒武统筇竹寺组三叶虫带下部厚约 50 米的岩层内。其铷 - 锶全岩等时线年龄值约为 5.7 亿年。

已发现在十多层岩层内保存有较完美的化石。岩层为黑色、灰黑色微细水平层理发育的泥岩夹薄层至中厚层粉砂岩，风化后呈灰绿、灰黄色，其中见有黄铁矿晶体，属于浅海静水还原环境的陆源碎屑堆积，很可能是个半封闭海湾或远滨带沉积。

澄江动物群海绵化石至少由 11 属 20 种组成，保存着球形、柱形、倒锥形等完整外形及彼此联接成各种网的完整海绵骨针。腔肠动物中的水母只有软躯体，很难保存为化石，但澄江动物群中水母化石为主要组成成分之一，它们的辐管、环肌、中央腔和口部构造清晰可辨。以软组织为主的蠕虫化石也保存了清晰的体表构造、吻部构造、肠道和尾刺。腕足类中的海豆芽，保存了一般难以保存的从两壳瓣内向外伸出的一条长的肉茎。许多节肢动物保存了触角、鳃肢、腿肢、肠道等构造，形态栩栩如生。内肛虫的足杯虫保存了萼、苞片、柄、胃囊、排泄管等构造，十分珍贵。奇特的蠕形动物微网虫、完整的软躯体的发现，对单独保存的网鳞状骨片化石研究工作是一重要突破，将为解开早寒武世小壳化石之谜提供了重要启迪。形态奇特的蠕形幼物火把虫前端具一可伸缩的吻，躯干前端背方具 5 对分节的触手，可能与现代环节动物有亲缘关系。伊哩山虫是节肢动物与环节动物之间过渡性的蠕形动物，它的发现极为重要；由一个头节，15 个体节组成，每一体节具一对叶足；它与现代有爪类、六足类和多足类的起源有关。

澄江动物群目前已研究发表化石有：

海绵化石 细丝海绵 *Leptomitus*; 小细丝海绵 *Leptomitella*; 拟小细丝海绵 *Paraleptomitella*。

水母化石 轮盘水母 *Rotadiscus*; 星口水母 *Stellostomites*; 云南水母 *Yunnanomedusa*。

蠕虫化石 帽天山虫 *Maoionshanina*; 环蚀虫 *Cricocosmia*; 古蠕虫 *Palaeoscolex*。

大型双瓣壳节肢动物 等刺虫 *Isoxys*; 融壳虫 *Combivalva*; 古虫 *Vetulicola*; 鳃虾虫 *Branchiocaris*; 锐虾虫 *Perspicaris*。

其他节肢动物 纳劳虫 *Naraoia*; 尖峰虫 *Jianfengia*; 始虫 *Alalcomenaeus*; 抚仙湖虫 *Fuxianhuia*; 跨马虫 *Kuamania*; 菱头虫 *Rhombicavaria*; 罗哩山虫 *Luoishanina*; 网面虫 *Retifacies*; 奥代雷虫 *Odaraia*; 刺节虫 *Acanthomeridion*; 尾头虫 *Urokodia*。

内肛动物 足杯虫 *Dinomischus*。

分类位置不定 微网虫 *Microdictyon*; 火把虫 *Facivermis*。

澄江动物群的时代介于前寒武纪末期的伊迪卡拉动物群和寒武纪中期的布尔吉斯页岩动物群之间, 正处在只有软躯体后生动物的伊迪卡拉动物群出现之后和生物门类已相当齐全的布尔吉斯页岩动物群出现之前。因此, 澄江动物群的发现与研究, 对于探讨无脊椎动物的早期演化具有特殊重要的意义, 对阐明寒武纪早期地球演化发展的奥秘也提供了具有重大科学价值的线索。

# 植物学

botany

zhi wu xue

研究植物的生物学分支。所有的动物(包括人类)都不能不靠绿色植物的光合作用能力把日光能转化为化学能,释放出氧气来维持其生活。植物是人类食、衣、用、住、行原料的直接或间接来源,是维持生物圈生态平衡的重要环节。早期人类就能分辨出他们所接触到的植物,并给以命名。随文化发展,人们开始把对植物的知识系统化,并且记录下来成为植物学。以后,进一步注意到它们的结构、化学组成、各部分的功能和繁殖方式。而且自从人类懂得了栽培植物,研究内容更包括了其营养生长和繁殖,以及选育良种和对病虫害的处理。20世纪植物学研究一方面走向微观,试求把植物的各种活动,物质、能量、信息的转化还原到细胞水平、分子水平、甚至电子水平,并创造了“细胞工程”、“基因工程”等方法以求迅速繁殖和创建植物新品种。另一方面特别是70年代以来,又趋向宏观,研究“环境保护”、“生态工程”等课题,甚至扩大到地球生物圈的组成及其调控的研究等。所以今天的植物学已发展为包括众多分支的知识体系。70年代以来又常称之为植物生物学。

渊源 早期历史 至少在旧石器时代,人类在采集植物

Gu sheng wu xue ci dian

古生物学辞典

101

学生  
实用  
工具  
书

块根和果实种子供食用的时候就认识了某些植物。希腊、埃及、巴比伦、中国、印度等文明古国对植物知识都有记述。如中国《诗经》就已经讲究：“多识于鸟兽草木之名”了。古希腊亚里士多德的学生提奥夫拉斯图被视为植物学的创始人。他在公元前 300 年写的《植物历史》或称《植物调查》一书，在哲学原理基础上将植物分类，描绘其各部分、习性和用途。罗马的老普林尼则把当时所有的植物学知识写在 37 册的《博物志》书中，开以后黑暗中世纪“百科全书学派”的先河，但谬误很多。以后陆续出现许多有关植物方面的著述。如公元 1 世纪希腊医生迪奥斯科里德斯在其著作《药物论》中记述了 600 种植物及其医药用途的引证，成为以后描述药用植物的基础。15 ~16 世纪本草著作中最有价值的是日耳曼的 O. 布龙费尔斯，意大利的 P. A. G. 马蒂奥利 (1544) 英国的 W. 特纳 (1551 ~1562) 等的著作。此时期约与中国明代中叶以后李时珍完成《本草纲目》同时。总之至 17 世纪前植物学几乎全限于描述 (包括木刻画) 和定性药用植物。

植物科学的发展 17 世纪的初期自然科学从以“机械哲学”为主导思想进入到“实验科学”阶段。植物学也从描述为主转到更有目的、有计划、有系统的收集资料，观测现象，以至于在控制条件下进行试验，并提出和考验理论与学说。这期间物理学、化学的发展及新工具如显微镜的应用也起了很大作用。

现代植物分类基本原理为英国 J. 雷在 17 世纪末确立。他把有花植物分为单子叶和双子叶，进一步再分就包括迄今

还沿用的许多植物科。J.雷坚持必须用植物的所有特征来判断他们的亲缘而不能只用单一部分的特征。这恰是自然分类和人为分类的分野所在。1753年瑞典植物学家C.林奈发表“植物种志”,确立了双名制。他将生殖性状(花)用作重要分类依据,他确立的24纲主要建立在花的雄蕊数目上;每个纲再用花柱的数目分成目。这个系统的简单性使人容易接受因而促进了植物的采集和调查,但由于此法含糊了自然分类而有害于植物学。如按林奈系统使百合和小檗同在一目,而鼠尾草和同类的薄荷却分了家。林奈的贡献是把约6000种植物归入各属(今天还用同样安排),仔细描写,并校勘了他所知的种和以前植物学家的命名和描写,再按双字命名法命名。此法立即被其他植物学者所接受。只有从1753年开始,从一个学者到另一个学者去跟踪一种植物才比较容易和可能。此后与分类学进展相并行的植物解剖学、植物生理学、植物胚胎学等的研究也就发展起来了。

自16世纪光学显微镜问世,瑞典人扬斯和Z.扬森兄弟在1590年做成复合显微镜,17世纪各种型式显微镜出现后,由R.胡克、N.格鲁、M.马尔皮基开创了植物解剖学。1670~1674年,英国人格鲁和意大利人马尔皮基已能分辨木质部、导管和纤维髓细胞和树脂道的内部。英国人R.胡克发现细胞,他的细胞概念是一个由实心物质包围的空间(小室)。从那以后很久,植物学家才理解这些蜂房样的小室至少在幼期是含有生活物质的。第一个植物形态学家设想植物是由多种成分,包括导管、纤维、“囊”等组成的。日耳曼人M.J.施莱

登和他的同伴动物学家 T.A.H. 施万在 1839 年首次提出细胞学说。从此细胞学成为一个独立的学科。

在 N. 格鲁和 J. 雷的时代, 生理学也开始了。雷做过树液运动、种子发芽和其他功能的实验。再早些年, 荷兰人 J.B. van 黑尔蒙特通过著名的桶栽柳枝试验证明植物从水中取得物质。1742 年英国人 S. 黑尔斯在所著的植物静力学中记载了关于树液流动和压力、蒸腾作用、失水和空气交换气体等方面的 124 个实验, 他被认为是植物生理学的创始人。1774 年英国人 J. 普里斯特利指出植物在阳光下释放氧气。这些气体(氧气、二氧化碳)和植物的相互关系进一步由 J. 英恩豪斯(1779)和法国人 N. - T. de 索绪尔(1804)阐明。后者将定量方法引入研究, 并示明水和二氧化碳一样被吸收。自此关于绿色植物在光下吸收水分和二氧化碳增重(制造食物)的光合作用被发现。

17 ~18 世纪, R. J. 卡梅拉里乌斯及 H. 布尔哈夫等人观察到植物的性别、花粉及受精作用等现象, 推动了植物胚胎学等的发展。

到 19 世纪中期植物学各分支学科已基本形成。C. R. 达尔文、G. J. 孟德尔的工作更为植物进化观和遗传机制的确立打下了基础。

20 世纪特别是 50 年代以来, 植物学又有了飞速发展, 主要是植物生理学、生物化学和遗传学等的成就如光合作用机理的阐明, 光敏素、植物激素的发现, 微量元素的发现, 遗传育种技术、同位素计年法建立, 以及抗生物质的分离等, 使植物

学在经济上更为重要,成为园艺学、农业和环境科学的重要理论基础。

研究领域和分支 现代植物学以研究层次和重点不同而划分为5个主要分支:

植物形态学 研究植物的形态和结构(由细胞到器官各个层次),分支学科有植物细胞学、解剖学(专注于内部结构)、组织学(关心特殊种类细胞的性质)、植物胚胎学等。

植物生理学 研究植物各部分或整体的功能和行为,和植物生物化学紧密相联。后者研究植物生命过程中化学组成和变化。植物生物化学还有一个重要分支——植物化学研究植物次生代谢的化学产品。

植物遗传学 研究植物的种质和遗传、变异等现象(因此和研究植物进化相联系)。

植物生态学 研究植物和其环境的关系。在其定义上还更广泛一些,因为除去它本身特殊的方法之外,它既牵涉到区系学也牵涉到生理学。和它紧密联系的是植物地理学(包括地植物学)研究植物和地球表面的关系和植物社会学(植物群落学)研究植物群落。

植物分类学 研究植物的分类和命名,它们的系统和演化(包括区系学,研究特定区域的全部植物,其种类分布、起源和发展)。这些区分并不是绝对的,为明了植物的功能和行为,必须了解植物结构的一些知识。分类学家在一个谱系的理论上来将植物分类,他也要关心进化。植物细胞学研究植物的各个细胞,部分是形态学,部分是生理学,而部分是遗

传学等等。

此外,还有些特别分支如以研究对象的类群不同而划分的分支有藻类学。藻类象真菌一样相当小而简单,但有各种色素能自制食物。它们组成海洋浮游生物的大部分,在未来可能是人类食物的重要来源。地衣学研究藻菌共生的地衣。苔藓学研究较大多数植物稍小而生殖过程较复杂的苔藓植物。蕨类学研究更大的开始有维管束的植物,在这一类群中有石松、木贼和羊齿,并研究它们怎样向有花植物迈进。与应用密切相关的分支则有经济植物学,探讨植物和它们用途的各个方面。民俗植物学则对各民族利用植物的不同方式感兴趣。古植物学研究已绝灭的植物(又是古生物学的分支),它们是写在岩石里面的进化史。孢粉学研究远古的花粉、孢子,也属微古生物学的一个重要方面。当然古植物学和孢粉学也是研究植物进化和植物地理学尤其是植物历史地理学和区系学的重要手段。

## 藻类学

Phycology

zao lei xue

研究藻类植物的分类、形态、构造、生态、生理、生化、遗传及其他生物学和利用的植物学分支。

研究简史 中国是世界上记载“藻”最早的国家之一。

公元前 2 世纪《诗经》、《尔雅》、《神农本草经》就已有关于藻类的记载,但“藻”在古代指的是产生于水的草,因此,除了真正的藻类植物之外,还指一般的水草如金鱼藻,同时,有的藻类植物也被称为“苔”或“青苔”。在欧洲,18 世纪以前对藻类的概念模糊不清,直至 1754 年,瑞典学者 C. von 林奈在其《植物种志》中才首次在植物界的隐花植物纲中列出藻类目 5 个属。到 19 世纪 70 年代,藻类学家们已描述了藻类植物的大部分属,做了一些有关藻类的生殖、生活史的研究,并对藻类的分类系统不断地修正。其中瑞典阿加德父子的工作为藻类植物的分类形态研究奠定了基础。以后,藻类植物的研究工作逐渐深入,德国 F. 奥尔特曼在 1922 ~1923 年发表的 3 卷《藻类的形态学与生物学》,总结了藻类形态和生理、生态的研究成果。20 世纪 40 年代中,英国 F. E. 弗里奇完成《藻类的构造与生殖》的巨著,概括了前人的工作,对以前地位未定的一些藻类群提出了有益的意见,并建立了健全的分类系统,大大推动了藻类学的发展。之后出版了许多藻类学的综合论述,如美国史密斯主编的《藻类学手册》(1951),捷克斯洛伐克的福迪著的《藻类学》(1971),美国 H. C. 博尔德及 M. J. 温著的《藻类学导言》(1978)、美国罗本及 M. J. 温主编的《海藻生物学》(1981)。

**研究内容与分科** 藻类学研究中以海藻分类学和生态学比较成熟。

**藻类分类学** 研究藻类植物的门、纲、目、科、属、种系统地位以了解它们的资源区系和进化系统。全世界有藻类植物

约3万种,中国约3、4千种。藻类植物可据光合色素为主辅以储存物质,鞭毛有无、数目和类型,生殖方式等,划分为12门。

**藻类形态学** 研究藻类植物的形态构造。藻类大小悬殊,形态各异,有的单细胞个体微小,直径只有几微米,有群体个体由若干单细胞群集而成,有的多细胞个体,大的长达几米至几十米;在形态上有丝状体、叶状体、囊状体和皮壳状体等。有些藻类在外形上虽然具有类似根茎叶的形态,但不具备高等植物那样的内部构造和功能。

**藻类生态学** 研究藻类植物之间及其与周围环境的相互关系。从生态学角度划分,有飘浮藻类如飘浮在马尾藻海的马尾藻类;有浮游藻类如浮游在水体里的多种硅藻类及甲藻类;有生长在底质上的底栖藻类如海带类、紫菜类。

**实验藻类生态学** 又称藻类生态生理学,是通过实验研究藻类的生长发育及其与环境条件之间的关系,是藻类栽培生物学的基础。中国学者在海带配子体和孢子体生长发育与温度、氮营养、光线的关系方面,观察到配子体生长的适温在15℃左右,雌雄配子体的形成在10℃条件下最快,超过20℃则不能形成。在藻类营养方面,找到了培养海带配子体和幼孢子体的适宜氮、磷浓度和光照条件,大孢子体最宜适温5~10℃,要在硝酸氮含量在20毫克每立方米以上的海中才能正常生长,而一棵1~2米长的海带每日要从海水中吸收6毫克氮。在这些研究的基础上,中国学者创造了海带的栽培施肥法和夏苗低温培育法,并使商品海带的栽培生产从北纬36°

的青岛南移到北回归线附近的东山岛。

**藻类生理、生化** 研究藻类植物机体各部分的生理机能、化学组成和代谢途径及其变化规律。藻类具有多种色素,包括5种叶绿素,60余种胡萝卜素和近20种藻胆蛋白,比高等植物复杂的多,因此,藻类植物是研究比较光合作用的良好材料。它们能吸收利用 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{NO}_2^-$ ,其中对 $\text{NH}_4^+$ 的吸收速率比对 $\text{NO}_3^-$ 高得多,而较高浓度的 $\text{NO}_2^-$ 对藻体有毒害作用。在氮不足时,藻类生长速度下降,体内的蛋白质、核酸和光合色素含量下降,而碳水化合物的含量增高。藻类的最佳生长需要一定的氮磷比例,如水云所需的比例值约为5:1,而皱波角叉菜则为39:1。在代谢运转方面,海带藻体中的运转速度约为5~10厘米/小时,而巨藻可达56~78厘米/小时。中国学者观察到在快速生长期,海带光合产物在叶片中有自上而下的运转现象,而髓部的喇叭丝则是主要的输导组织。

**藻类遗传学** 研究藻类植物的亲代性状传给后代的能力,以及这种能力的变异。中国遗传学者在50年代末首先对海带数量性状进行研究,发现柄长、叶长、叶宽、叶厚和叶含碘量等都是常态分布,亲本及其后代的相关系数较高,都受到微效多基因的控制,也深受环境条件的影响,并从海带叶片长度的方差分析,估计叶长的遗传力约为50%。在60年代建立了几个新品种,在70年代选育了高产高碘品种“860”,在80年代,用青岛的一个雌性海带单倍体克隆与从日本北海道引进的一个雄性海带单倍体克隆杂交,得到“单杂十号”的高产

高碘品种。此外,中国学者还在海带和裙带菜的组织培养,对裙带菜的细胞培养,紫菜的原生质体的培养都进行了一系列的研究,取得了一些结果。

进化和系统发育 1836年W.H.哈维明确提出以藻体颜色为基础把整个藻类分为褐藻类、红藻类、绿藻类和硅藻类4个类型。体色是宏观的分类特征,哈维的划分是一种形态性分类,但已被证明是基本合乎自然系统的,因为颜色是根据存在的色素,而色素又与光合作用有密切关系,因而是一种基本的特征。最近中国学者指出,色素是最基本的特征,可能比细胞有无真核更为基本,所以提出把光合生物划分四个亚界:

光合细菌亚界; 红蓝植物亚界; 杂色植物亚界; 绿色植物亚界(见图光合生物的演化)。在植物方面的三个亚界下分为十二个门的藻类和两个门的陆生高等植物。在图里的“原始鞭毛藻”是假设的原始藻类,现已不存在;另一种假设的“原杂藻”是一种比隐藻还要原始的种类,类似隐藻但具有藻胆蛋白和叶绿素C,但属于原核植物。有人认为这种假设种类有可能在将来会像原绿藻那样被发现。

意义 藻类植物是水体中有机物质的初级生产者,是重要的生物资源,有百种以上的食用藻类,包括蓝藻类的发菜,绿藻类的浒苔、礁膜,褐藻类的海带、裙带菜和红藻类的紫菜、海萝等。藻类作为药物已有悠久历史,如著名的驱虫药海人草、鹧鸪菜。藻类又是藻胶的原料,如琼胶原料石花菜、江蓠、卡拉胶原料麒麟菜、角叉菜,褐藻胶原料海带、马尾藻等。这些胶质有的具有凝胶性质,有的是很好的稳定剂,广泛用于微

生物培养基的配制,食品、纺织、制线、涂料等工业上。中国是海带的最大生产国,每年出口几千吨海带到日本国。中国的紫菜产量仅次于日本,褐藻胶产量仅次于美国。固氮蓝藻的利用使几百万亩水稻田获得大量的氮肥。

## 苔藓植物学

bryology

tai xian zhi wu xue

研究苔藓植物的发生、发展、生殖、分类、地理分布、形态构造、生理生态、化学成分和应用等的植物学分支。苔藓学名称源于希腊字(Bryon)(苔藓)和(Logos)(论说),汉名出于汉“落”(苔)和晋“藓”(藓)等古字。1061年中国刘禹锡、林弘著的《嘉佑本草》记载有“瓦苔”,1596年明李时珍的《本草纲目》中记载有“瓦藓”等的形态、生境利用方法。1727年意大利P.A.米凯利的《新植物属志》,1753年C.von林奈的《植物种志》等记载了多种苔藓植物,直到1801年德国的J.赫德维希的《藓类植物种志》和1847年J.B.W.林登贝格的《欧洲苔类植物纲要》出版,才奠定了苔藓植物的分类基础。1834年澳大利亚的F.J.A.N.翁格尔发现了泥炭藓精子,次年M.米尔贝尔作了地钱的详细解剖,并对它包括芽胞在内的个体发育作了实验观察,同时瑞士C.W.von内格利又做了苔类植物顶端细胞的分

111

学生  
实用  
工具  
书

裂实验观察,发现了苔类植物胚胎发育规律。1851年W.霍夫迈斯特阐明了苔藓植物的孢子的形成和萌发,精卵受精过程、胚胎发育、生殖过程中明显的世代交替(植物),以及它们的生活史中特殊的原丝体阶段。19世纪和20世纪初开始了苔藓植物细胞学、化学成分、地理分布、生态生理等各方面的研究。在这个期间欧美许多国家已经完成了他们本国和邻近地区苔藓植物种类调查,并出版了他们的苔藓植物志。中国近代苔藓植物学的研究始于1842年以后,1949年以前主要是欧洲人在各地采了一些标本,由欧洲人研究,并发表了一些中国苔藓植物种类。20世纪30年代以后,中国陈邦杰开始研究中国和东亚苔藓。1949年后在开展中国苔藓植物资源调查、分类研究的同时,又开展了孢子形态、个体发育、细胞学和利用等方面的研究。目前苔藓植物学的研究状况除了系统分类学已形成了一个领域外,其他如苔藓植物形态学、苔藓植物化学等尚未形成本学科的完整分支学科。

## 蕨类学

pteridology  
jue lei xue

研究蕨类植物的形态、生理、生态、地理分布、系统分类以及遗传、进化的植物学分支。目的在于找出它们内在的生长

发育规律和外界关系,探讨其发生和发展,从而更好地开发利用,以满足人类生活的需要。

18世纪以前蕨类植物学的研究仅限于形态解剖、分类和地理分布,19世纪才逐渐扩展到配子体、细胞染色体等方面。随着研究范围的扩大,蕨类植物学愈来愈成为一门独立的综合性学科。许多国家成立了专门学会,创办专门刊物,从1972年以后,各种国际性的科学讨论会,如真蕨的系统发育和分类,蕨类生物学以及实验生物学等科学讨论会相继在英国召开。

中国对蕨类的研究,起步于20世纪20年代末期,由秦仁昌教授开始在系统分类方面进行研究,1949年后,在全国广泛进行植物资源调查,搜集了大量标本,使蕨类植物学研究有了迅速发展。全国已有一支专业研究队伍,正在从事全国和地方蕨类志的编写和专科专属、形态细胞学和化学分类的研究。

蕨类植物学是一门综合性的学科,主要内容包括配子体生物学、孢子体生物学、繁殖生物学和系统分类学等。

配子体生物学研究蕨类有性世代(配子体)的各个部分的结构和特性,包括孢子和孢子萌发、配子体形态和发育、配子囊的形成(即精子器和颈卵器)和配子(即精子和卵子)的配合。它们的染色体都是单倍( $n$ )的。孢子体生物学研究蕨类植物的无性世代(孢子体)的各个部分的结构和特性,包括合子(受精卵)、胚、孢子体、孢子囊和孢子囊群等的形态、构造和发育。它们的染色体都是双倍( $2n$ )的。繁殖生物学研

究蕨类细胞染色体及其遗传特性、包括染色体数目、形态、配对行为、杂交作用、繁育系统、无孢子生殖和无融合生殖作用,以及多倍体形成等,是在细胞的水平上对蕨类植物进行研究。系统分类学研究蕨类植物种类及其相互间的亲缘关系,阐明其自然系统,利用其他许多学科包括植物化学和古植物学等方面的研究成果,对蕨类植物有机体的构造和机能特点,进行综合、深入的研究来阐明蕨类植物的进化。它本身也是一门综合性的学科。

## 动物学

zoology

dong wu xue

揭示动物生存和发展规律的生物学分支学科。它研究动物的种类组成、形态结构、生活习性、繁殖、发育与遗传、分类、分布移动和历史发展以及其他有关的生命活动的特征和规律。

**渊源和发展** 动物学历史悠久,与人类生产活动关系密切。在以渔猎为主要生产方式的原始社会,人类就逐步认识了一些与人类关系密切的动物的生活习性及身体结构,继而尝试饲养驯化有益的动物,防治有害的动物,积累了一些动物知识。在 4700 年以前殷商的甲骨文中,可以辨认出许多兽、

鸟、鱼、虫等字,后来的象形文字也把“虫”、“鱼”、“豸”作偏旁,可知已有一定分类观念。3000多年前的著作《夏小正》中即记载了“五月浮游出现,十二月蚂蚁进窝”等生态现象。春秋时代的《诗经》中述及动物达100余种。2500年前的《尚书·禹贡篇》中记载了当时9个大区域的经济动物种类,是中国动物地理学的萌芽。距今2000多年前的《周礼》中把动物分为毛、羽、介、鳞、羸5类,大致相当于现代动物分类中的兽类、鸟类、甲壳类、鱼类和软体动物。汉代《尔雅》中有释虫、释鱼、释鸟、释兽、释畜5类,每篇都写了近百种动物。隋唐时期的《扁鹊难经》提到人体血液循环现象比英国学者W.哈维约早1000年。北魏贾思勰的《齐民要术》总结了许多渔、桑、农、牧的经验。唐代陈藏器的《本草拾遗》中以侧线鳞数作为鱼类分类的重要性状,至今沿用。公元265~420年的晋代,中国已率先编纂了动物图谱,稽含的《南方草木状》(304),绘制了人们利用蚂蚁扑灭柑橘害虫的情景,是世界生物防治的最早范例。明代李时珍《本草纲目》描述了400多种动物,许多还附有外形图,堪称动物学史上伟大的典籍。

西方于公元前384~322年,古希腊的亚里士多德曾系统描述了几百种动物,被誉为动物学之父。老普林尼编写的37卷的《博物志》中,第7~11卷为动物学内容。

16世纪后,动物学呈现出勃勃生机,学术著作纷纷问世,其中分类学和解剖学的进展尤为迅速。17世纪显微镜的问世,更推动了微观领域中组织学、胚胎学及原生动物学的繁荣。18世纪瑞典生物学家C.von 林奈创立了动物分类系统

及双名法,将动、植物分为纲、目、属、种和变种 5 个阶元,奠定了现代分类学的基础。18 世纪末至 19 世纪初,法国生物学家 J. - B. de 拉马克提出了物种进化的思想,认为动物在生活环境的影响下,可以变化、发展和完善。同时期的居维叶也在比较解剖学及古生物学方面作出了贡献。19 世纪中叶德国生物学家 T. A. H. 施万阐明了动物体的基本结构单位是细胞。1859 年,英国科学家 C. R. 达尔文确立了生物进化的学说,用“生存竞争”、“自然选择”的原始和生动的实例,剖析自然界动物的多样性、同一性、变异性等,推动了动物学的前进。20 世纪进化学说的新成就又进一步证明,突变产生了新的遗传基础在进化中有重要的意义,自然选择和生殖隔离使同一物种的不同种群向不同方向发展。

20 世纪以来,由于学科的相互渗透和研究手段的不断改进,促成了动物学的飞跃。当今的动物学,已由过去的观察描述阶段,上升到了研究生命活动规律的高峰。

**学科分支** 以研究对象划分,可分为无脊椎动物学、原生动物学、寄生虫学、软体动物学、昆虫学、甲壳动物学、鱼类学、鸟类学、哺乳动物学等。按研究重点和服务的范畴,又可划分为理论动物学、应用动物学、资源动物学、仿生学等。传统的主要分支为:

**动物形态学** 研究动物体内外形态结构,以及在个体发育及系统进化中的变化规律。包括: 解剖学,专门研究动物器官的构造及相互关系,它最初是纯描述性的科学,布丰和居维叶证明结构与功能相关,现代形态学也注意研究功能; 细

胞学和组织学,研究细胞和器官的显微结构; 比较解剖学,用比较现代器官系统的差异,来研究动物的进化关系,19世纪曾对进化论的建立作出了很大贡献; 胚胎学和发育生物学,研究胚胎的形成、发育以及整个动物生长发育的全过程; 另外还有古动物学等。随着科学的发展,有的已发展成为独立的学科。

**动物生理学** 研究动物机体功能,以及一般生理现象,如营养、生长、繁殖等,与医学和畜牧学的关系密切。近年来,还依研究进展的情况,分出内分泌学、免疫学、酶学等。

**动物分类学** 已由过去的简单分类,发展为系统分类学,研究动物各类群间彼此的异同及其相同和相异的程度,把它们分门别类,列为系统,以阐明它们的亲缘关系及进化过程和规律。现代分类学已在过去林奈分类阶元的目之下,补加了科,在界和纲之间,增加了门,每一阶元又可细分,如亚纲、亚目、总科、亚种等。20世纪的分类学,力图使分类系统反映物种间的进化关系和历史。

**动物生态学** 研究动物与其所处环境因子(包括生物的和非生物的)间的相互关系,已由过去的个体生态研究,发展为种群生态、群落生态乃至生态系统研究。近年来,航天技术的发展,引起了生态学家对于外层空间的注意,从而将动物放进生物圈来作更加深入的研究。与此有关的还有动物行为学,研究动物的行为,包括本能、学习、记忆等,从原生动物的游泳模型到人猿社群组织和通讯,作了大量工作,取得了突出成绩。

**动物地理学** 研究动物种类在地理上分布的状况,以及动物分布的方式和规律,同时,从地理学角度来研究各个区域中的动物种类和分类的规律。常被称为地动物学。这个分支与分类学、形态学、生态学相结合,对各地区的动物区系进行全面的研究,提出自然保护、资源管理及自然改造等规划,可称之为动物区系学。

另外,动物遗传学向来是动物学的一个分支,但由于遗传学研究对象常常包括整个生物界,故有人认为,动物遗传难以继续列为分支。当前,遗传学和细胞学、酶学等结合,从微观上研究生命现象的本质。其中研究蛋白质和核酸分子结构和演变的分子生物学,已成为特别活跃的研究领域。由于对基因物质的深入探索,使定向改变动物性状,引导新种形成,已成为可能。

**研究方法** 动物门类繁多,作为学科也极其复杂,但综合起来,其研究方法不外:

**描述法** 即通过观察,将动物外形、内部结构、生活习性 & 经济和学术意义用文字和图形如实记录下来。

**比较法** 通过动物间的系统比较,推究异同,认识它们之间的内在联系,从而得出规律。

**实验法** 在人为条件下,用物理的、化学的和生物学的方法对动物的生活和生命活动现象进行观察,以揭示动物生活和生命活动的本质。实验法往往和比较法同时进行。

**与其他学科的关系和意义** 动物学与其他生物科学、医学、兽医学、农业、畜牧业以及人类生产和环境保护都有着密

切联系。今日的动物学实际上已发展成为内容十分全面的动物科学。它以整个生物学的普遍规律为基础,不仅研究以动物为内容的学术和生产活动的各个方面,还以此来阐明广泛的生物学活动,因而它已成为开拓人类未来的重要手段。

## 人类学

anthropology

ren lei xue

人类学一词,起源于希腊语 Anthropos(人)和 Logos(科学),意思是“人的科学”。这门科学在不同的国家有着不同的含义。在苏联和欧洲大陆的许多国家,人类学专指研究人类体质的学问,包括灵长类学在内,这是狭义的人类学;在英美等国家,则不仅包括体质人类学,也包括人类的社会和文化在内,叫做社会人类学或文化人类学,包括民族学、考古学、语言学等等,这是广义的人类学。所以日本、苏联以及欧洲国家的人类学范围相当于英、美等国的体质人类学或生物人类学。

在日本、苏联和欧洲大陆许多国家,人类学、民族学和考古学有较明确的界限。考古学根据物质遗存来研究人类的历史;民族学研究现存民族的文化和生活方式的各个方面,研究这些民族的起源、定居和迁徙以及他们在文化史上的相互关系;而人类学则研究人类各种体质类型在时间和空间上的变

119

学生  
实用  
工具  
书

化。

关于人类学的含义,中国解放前采用的是广义的人类学,解放后采用狭义的人类学,近年来则两种含义都有人采用。本书采用狭义的人类学,相当于英美等国的体质人类学或生物人类学。

## 古人类学

palaeoanthropology

gu ren lei xue

研究人类进化的科学。它的研究对象主要是古人类和古猿类的化石遗骸,在进化理论的指导下,利用体质人类学、比较解剖学的知识和方法研究古人类及其猿类祖先的体质变化和系统关系。古人类学还综合利用古人类制造和使用过的工具及其他遗物,与他们共存的古动物、古植物化石和古气候、古地理以及年代学等方面的资料,以阐明古人类的行为(物质文化、饮食习惯、精神生活、社会结构等)的发展过程以及他们生息于其中的自然环境。古人类学综合考虑以及所有这些方面的资料探索人类起源和发展的规律,并力求作出合理的解释。因此,古人类学也与石器时代考古学、古生物学、第四纪地质学等有关学科有着密切关系。

也可以按较为狭窄的范围来理解古人类学的内容,将它

限于古人类和古猿类遗骸的结构、机能、比较解剖及系统关系,探索古人类及其古猿祖先的体质构造在时间上的变化规律和在空间上的分布,并作出合理的解释。按照这样的理解,古人类学是体质人类学的一个分支,也是古生物学的一个组成部分。

## 人类起源

origin of man

ren lei qi yuan

简单的说,就是人的历史渊源,即人是从何而来的,怎样来的。业已证明,人是从古猿进化来的,或者更确切地说,是从猿的系统中分化出来的独立进化的一支。因此,人类起源研究也就是追溯人这一支是在什么时间、什么地区以及怎样从猿的系统分化出来并如何进化成现代人的问题。这个问题主要涉及到 人类起源理论; 过渡阶段; 两足直立行走; 使用和制造工具等方面。

人类起源理论 18 世纪 C. von 林奈在进行动物分类时,把人和猿、猴归入一类,称之为灵长目,意思是它们都是灵敏的高等动物。1809 年 J. - B. de 拉马克提出人是从猿进化来的,但证据还不够充分。半个世纪以后(1859)C. R. 达尔文发表《物种起源》,在该书的结尾部分暗示了人类是由动物起源

121

学生  
实用  
工具  
书

的。在达尔文的启示下,T.H.赫胥黎以进化论的观点研究人类起源问题,1863年发表《人类在自然界的位置》,提出人类是和猿类由同一祖先分枝而来的,这就是“人猿同祖论”。1868年E.海克尔在《自然创造史》一书中进一步用事实论证了人猿同祖论。1871年达尔文发表《人类的由来及性选择》,以大量事实论证了人类并非亘古就存在的,也不是“分别创造作用的产物”,论证了人类也是进化的产物,是通过变异、遗传和自然选择从古猿进化来的;并且在当时科学发展水平所许可的情况下,讨论了关于人类起源的一系列问题。1876年恩格斯写了《劳动在从猿到人转变过程中的作用》一文,强调了劳动对于人类的重要意义:“它是整个人类生活的第一个基本条件,而且达到这样的程度,以致我们在某种意义上不得不说:‘劳动创造了人本身。’”(《马克思恩格斯选集》第三卷第508页)

自从那时以来的100多年中,古人类学和旧石器考古学的发现提供了大量有关人类进化的实物证据,大大地推进了关于人类起源的认识,也推动了人类起源理论的发展。

100年以前,一般认为人类的历史不过几千年之久。19世纪后半叶,在欧洲许多地点都有尼安德特人类型的化石发现,因而把人类历史向前推到10万年以上。从19世纪末到20世纪的前三分之一时间内,首先在印度尼西亚爪哇,随后在中国北京周口店都发现了猿人化石,这就把人类历史向前推进了几十万年。从1924年起在南非几个地点发现了形态特征比猿人更原始的南方古猿化石,经过一段时间的争论,到

50年代确立了它在人科中的地位,使人类进化的历史延长到了200~300万年前。1965年西蒙斯等对庞杂的森林古猿化石(总共28个属50多个种)重新进行研究,加以整理归纳,分为猿类和人类两大类,认为应把腊玛古猿归入人科,作为人科的早期代表。

基于上述资料,西蒙斯和皮尔比姆在60年代末提出了一套人类起源的理论,认为人和猿是在新第三纪的中新世(距今1800万至600万年间)开始分化的,那时人和猿就已有明显的区别,人猿超科中的各种成员就和现生的各种猿和人有着明显的祖先-后裔的系统关系。其中森林古猿属里的几个种是各种现生猿的祖先,而腊玛古猿是由一种森林古猿演化而来的,它是最早的人科(人的分类系统)代表,以后由腊玛古猿演化成距今200万年前的南方古猿,再经过直立人(猿人)、早期智人、晚期智人而进化成现代人。在一段时间里这种理论在学术界有相当大的影响。

但是,近些年来,一系列新的重要的发现以及对已有材料的进一步研究使情况发生了一些变化:有人对腊玛古猿的似人科的形态特征提出了疑问,有人提出腊玛古猿和西瓦古猿可能是同一个种的性别的差异,它们可能是现生猩猩的支系的祖先;自1961年以来在肯尼亚、希腊、土耳其、匈牙利、巴基斯坦和中国等地,先后发现了更多的中新世的人猿超科化石,特别是在中国云南禄丰发现了世界上第一个腊玛古猿头骨;在过去的十几年内,分子生物学的研究结果认为,人和猿最早分异的时间距今不过500万年左右;20世纪70年代,在坦桑

尼亚的莱托利和埃塞俄比亚的哈达地区发现了距今 300 ~ 400 万年前的南方古猿类的原始类型——南方古猿阿法种,它是迄今所知能肯定的最早的人科代表,具有意想不到的不少与黑猩猩相似的性状而与腊玛古猿不同,从而认为后者可能不是人科成员,而且人和猿可能是在较晚的时期才开始分异的。基于上述情况,因此到 70 年代后期, D. 皮尔比姆对人类起源提出了新的解释或新的概念,认为中新世的人猿超科成员是人和猿的共同祖先,它们与现代猿或人的关系不像原来认为的那样清楚,究竟哪一种是人的祖先,哪一种是现代猿的祖先,现在都还无法确定;人的系统树既不是一条阶梯,也不是祖先后裔的简单直线关系,而是更为分散的、灌丛式的进化系统。

现在看来,人类起源的过程远比过去的理解要复杂得多。人类进化实际上包含了非常复杂而又互相有关的解剖的、心理的、技术的、经济的以及文化的因素,人类起源研究不仅要阐明人的生物机体本身的起源,而且还要阐明人的物质文化、语言和意识以及人类社会等的起源,这仍是古人类学需要解决的一个重大课题。因此人类起源理论也还在不断发展之中。

**过渡阶段** 过渡阶段指的是从人猿分异直到人属出现之间的阶段或时期。

人是从古猿的系统中分化出来的独立进化的一支,人这一支从猿的系统分化出来,直到现代人整个人类进化系统,现今在人类学上一般都归入一科,即人科(Ho-minidae),以与

猿的进化系统即猿科 (Pongidae) 相对应。在人科进化系统中,能制造工具的人属 (Homo) 的出现,根据现有的证据,大约在距今 200 ~300 万年前,而人这一支从猿的系统分化出来的时间,过去一般认为可能在 1000 万年前后。因此有人把从猿分异到人属出现之间的时期称之为从猿到人的过渡阶段。

在过去的一段时间里,一般认为腊玛古猿是过渡阶段的早期代表,而南方古猿类中的原始类型则是晚期代表。但是,由于腊玛古猿的系统地位目前还难以肯定,因此从现有的材料来看,能够肯定的作为过渡阶段化石代表的就是南方古猿类中的早期类型,而较晚的南方古猿已与能人、早期直立人等人属成员共生,是人的进化系统中的旁支。

由于过渡阶段所处的位置正好介于人类的古猿祖先和会制造工具的人属之间,因此深入地研究过渡阶段不仅对于了解由猿的机体向人的机体的转变,而且对于了解由猿的生活方式向人的生活方式的转变,了解人类制造工具行为的起源、狩猎和肉食行为的起源以及人类社会的起源,都有着极为重要的意义。

**两足直立行走** 两足直立行走是一种行动方式,指的是行动时用后肢两足交替地接触地面向前进行,后肢以上的身躯保持直立和充分伸展的姿势。这种行动方式是人类区别于猿类的一个重要特征。

现生的几种猿在进化过程中都发展了各自的行动方式。长臂猿是最完善的“臂行者”;猩猩在树上行动时手臂摆荡,或两只手攀爬,通常被称之为“臂行者”或“变异了的臂行

者”；黑猩猩和大猩猩的行动方式基本相同，它们偶尔臂行、攀爬，在地面行走时以其弯曲着的手指的第二节指节骨的背面接触地面，被称为“指关节行走”。在高等灵长类中，唯有真正适应于地面生活的种类，采取两足直立行走的行动方式。

当人类最早的祖先由树上下到地面，营地面生活时，在各个方面发生了一系列的适应变化，其中在行动方式方面就是发生了由臂行向两足直立行走的转变。如前所述，目前能肯定的最早的人科化石代表是南方古猿类。对它的颅骨、骨盆和肢骨化石的研究清楚地表明，它们肯定已采用两足直立行走的行动方式。由于南方古猿类生存的年代最早可在距今约400万年前，因此这种行动方式至少在距今约400万年前已经确立，从此以后就成了人类行动方式的典型特征。但是，由于缺乏化石证据，现在我们还不知道这种行动方式最早是在什么时候开始发生的。

由臂行向两足直立行走的行动方式的转变，要求和引起机体结构的一系列的变化和改造，特别是骨盆、大腿骨、足骨以及有关肌肉的改变，包括后肢的增长（相对于前肢长度而言），骨盆的变短和增宽，臂部肌肉的调整，髋关节和膝关节的增强，脚后跟的增大和足弓的形成，等等。因而人体结构的基本特征大都是与两足直立行走的行动方式相联系的，或者说是随着直立姿势的形成而产生的。所以有人认为，两足直立行走是人这一支从猿的系统分化出来的最重要的因素和标志，是猿转变为人的最重要的条件。

两足直立行走对人类的进化有着重要的意义。它使人类祖先的前肢从支持和行走的机能中完全解放了出来,成为自由和灵巧的双手,能充分使用和制造工具来获得食物和防御敌害,或从事各种各样的活动,在与自然界的斗争中发挥了极为重要的作用。也由于两足直立行走,颅骨下面以脊柱为支柱,枕骨大孔由颅后方移到颅下方,颈后无须再由强大的肌肉来维持头的位置使不下垂,颈后肌肉的减弱减轻了颅骨上着生强大肌肉的重负,为脑的进一步发展和扩大成球形创造了条件,等等。

**使用和制造工具** 所谓使用和制造工具指的是使用和制造机体以外的装备或物件来从事各种各样的活动。这是人类在行为方面的重要特征之一。虽然在有些动物中也存在某种程度使用甚至改变天然物件的行为或行为的萌芽,但远远没有达到像人类制造工具(例如石器,更不用说更加复杂的工具)这样典型的程度。

从旧石器考古学提供的证据来看,迄今所知最早的人工制造的工具出现在距今 200 ~250 万年前。这方面的材料目前均来自东非。在奥杜韦峡谷、库彼福勒、奥莫和哈达等地区都发现了确凿无疑的人工制作的石器,年代为距今 170 ~250 万年前。一般认为,这些石器是由能人类型的人类制作的。考古学家已把奥杜韦峡谷发现的最早的石器命名为“奥杜韦文化”,而把库彼福勒发现的最早的石器称之为“KBS 工业”。也正是在这一时期,考古学找到了远古人类从事狩猎和肉食的证据,在有些生活遗址和屠兽遗址中,石器常常与动物遗骸

或为人工所破碎的动物骨头破片在一起。由此推论,石器工具的出现与早期人类狩猎、肉食行为的发展有比较密切的关系。与采集和食用植物性食物相比,狩猎和肉食更需要工具或武器。在狩猎活动中,为了捕获或杀死、杀伤跑得很快、感觉灵敏的食草类动物,固然需要工具或武器,即使在猎获野兽之后,在进一步处置和消费猎物的过程中,同样离不开工具。肢解大动物身体的各个部分;剥去兽皮;切割兽肉和筋腱;把肉从骨头上剔下来;砸开脑壳或长骨取食脑髓或骨髓,等等。这种种实际的需要对于石器工具的使用和制造无疑是一种强大的刺激和推动力。

人类通过手 - 脑协作使用和制造工具的最大的优越性是使人类得以摆脱机体本身固有的局限性,从而极大地增强了与自然界作斗争的能力和能动性,为人类的发展开辟了无限广阔的前景。

当人们进一步追溯和探讨制造工具的起源时,有人提出了关于使用天然工具的问题,认为在人类学会制造工具之前,可能有一个长期使用天然工具的过程,使用天然的木棒和石块等来获取食物和防御猛兽。因为如果不知道使用工具,便不会有制造工具的需要,便不可能开始制造工具。制造工具应是在长期使用天然工具积累了丰富的实践经验的基础上开始的。因此有人认为,南方古猿作为人类进化系统的早期代表,已经从树上下到地面,生活于开阔林地和草原的环境,两足直立行走,因而前肢(手)已从行走和支持的机能中解放出来而可以从事执握和操纵物件的活动,因此在它们的谋生活

动中很可能已使用天然的物件作为工具。随着时间的推移,到继南方古猿(早期类型)之后的能人阶段,就出现了人工制造的石器。

## 人体测量学

anthropometry

ren ti cè liang xue

人类学的一个分支学科。主要是用测量和观察的方法来描述人类的体质特征状况。一般包括骨骼测量和活体(或尸体)测量。它的主要任务是通过其测量数据,运用统计学方法,对人体特征进行数量分析。骨骼测量提供人类在系统发育和个体发育的各个阶段的骨骼尺寸。帮助我们了解人类进化过程中不同时期和不同人种的骨骼发展的情况,以及他们的相互关系,同时也可以了解骨骼在生长和衰老过程中的变化等等。这不仅对人类进化和人体特征的理论研究有着重要的意义,而且对法医等医学部门都有实际的用处。另外,通过活体测量,确定人体的各部位标准尺寸(例如头面部标准系列和体型标准系列),可以为国防、工业、医疗卫生和体育部门提供参考数据。测量时必须严格按照规定的测点位置和测量项目的定义,使用可靠的测量仪器进行。

129

学生  
实用  
工具  
书

## 颅指数

cranial index

lu zhi shu



人体测量学中重要的测量项目之一,亦称颅长宽指数,由瑞典解剖学家 A.雷丘斯于 19 世纪中叶提出,用以表示颅宽对颅长的比例关系。用算式表示,即:

颅指数 =  $\frac{\text{颅宽}(eu - eu)}{\text{颅长}(g - op)}$  算式中的颅宽是脑颅的最大宽度,颅长是由眉间点起的脑颅最大矢状径。

依颅指数可将颅形分为超长颅型(64.9 及以下)、特长颅型(65 ~69.9)、长颅型(70 ~74.9)、中颅型(75 ~79.9)、圆颅型(80 ~84.9)、特圆颅型(85 ~89.9)、超圆颅型(90 及以上) 7 类。颅指数的个体变异很大,并随年龄的增加而下降。在不同人群中,颅指数平均值变化于 68 ~87 之间。颅型的地理分布很复杂,长颅型和圆颅型在各人群中均可见到,甚至在局部地区也能见到。但从整体分析,非洲大部分、澳大利亚土著、美拉尼西亚人和部分印度人群多数为长颅型,圆颅型则常见于欧洲中部、巴尔干半岛、外高加索、亚洲的近东、中亚及东南亚,还有北美西北沿岸和南美等地。

## 眼耳平面

0 hr - Augen - Ebene  
yan er ping m ian

又称法兰克福平面 (Frankfurt horizontal plane), 简称 FH 平面。它是人类学研究工作中常用的标准平面。这个平面是德国人类学家提出的, 并通过 1877 年颅骨测量会议及 1884 年法兰克福国际人种学会议而被采用的。这一平面是由颅骨两侧的外耳门上缘点 (po) 和左侧眶下缘点 (or) 3 点所组成的一个平面。后来人类学家摩里逊发明了颅骨定颅器, 将颅骨支架在定颅器上, 使上述 3 点位于同一水平面上。在活体测量时, 当人采取直立姿势, 两眼向前平视时的姿态, 头部即大体上位于眼耳平面。

## 人种学

ethnology  
ren zhong xue

人类学的分支之一。它研究现代人种的划分及其体质特

征、分布区域,以及它们的起源和进化过程。

人种学研究的任务是对全世界各人种建立科学的分类系统,追溯各人种及其体质特征的形成和人种间亲缘关系的历史过程,并对这一过程进行科学的解释,从而揭露种族歧视和种族主义伪科学的反动实质。

早在 1735 年,瑞典自然科学家 C. von 林奈在《自然系统》一书中把全人类归于生物学上一个物种——智人(Homo sapiens),同时根据皮肤颜色、面部特征和头发形状等的差别,划分为美洲人、欧洲人、亚洲人和非洲人。此后,法国自然科学家 G. - L. de 布丰、德国生理学家和人类学家 J. F. 布鲁门巴赫、英国人类学家 A. C. 哈登、苏联人类学家 H. H. 切博克萨罗夫、美国人类学家 M. F. A. 蒙塔古和 C. S. 库恩等侧重依据不同的人种特征(肤色、头型、发型等)先后对世界人种作过不同的划分,现在通常划分为蒙古人种(又称黄种或亚美人种)、高加索人种(又称白种或欧罗巴人种)、尼格罗人种(又称黑种或赤道人种)。考虑到肤色以外的某些人种特征上和起源的不一致,澳大利亚人种(又称棕种)也常从黑种中分出来,成为世界四个人种的主干之一。

各人种的遗传的体质特征形成的生物学原因是选择、突变、迁移和遗传漂变。在这个过程中,尤其是在后期,也受到社会因素的干预。世界各人种的划分,产生的时间、地点和历史过程仍在继续探讨之中。

## 人种起源理论

theory on origin of human races  
ren zhong qi yuan li lun

研究现代人种是在什么时候从那一阶段人类开始形成的和怎样形成的理论。

早期的研究表现出人种起源一祖论 (monogenism) 和多祖论 (polygenism) 的论战。一祖论者认为各人种都由同一种古猿起源;多祖论者认为各个人种是从不同的古猿独立的发展而来。例如,有的多祖论者认为白种人起源于黑猩猩;黑种人起源于大猩猩;黄种人起源于猩猩。而这三种猿类分别是三种猴类的后代。现代各人种属于生物学上同一个物种,各人种主干之间存在过渡类型,以及各地区发现的人类化石形态具有共同的阶段性变化等事实表明它们在人类或早或晚的阶段上有一个共同的祖先。多祖论已被科学证据所否定。

在一祖论确定后出现了人种起源的单中心说 (monocentrism) 和多中心说 (polycentricism)。单中心学派认为现代各人种由某一地区的更新世晚期的早期智人扩散而形成;多中心学派则主张它们是当地不同类型的早期智人甚至更早的直立人的后代。

133

学生  
实用  
工具  
书

魏登瑞在 1946 年首先提出多中心说。他认为在直立人阶段的早期或更早,人属已经分布在旧大陆的大部地区。直立人的这些地区类型以直线进化(orthogenesis)的形式沿着共同的方向独立地演化,导致现代各人种主干的发生。他提出 4 个起源中心: 小亚细亚,由斯虎尔人经西欧克罗马农人到欧洲白种人; 东非或南非,由布罗肯山人到非洲黑种人; 华北,由北京猿人到亚洲黄种人; 巽他群岛,由爪哇猿人经昂栋人和瓦贾克人到澳大利亚人。

强烈地支持多中心说的是美国人 C.S.库恩。他认为在形态上存在差异的,地理上隔离的 5 种直立人在不同的时间跨过智人的“门槛”。

单中心学派认为在同一地区的直立人或早期智人与晚期智人颅骨的解剖结构并没有精确的继承性;主张以对选择的适应解释其中的某些相似;从而提出现代人种的变异性是从具有现代形态的一个中心群向外扩散、在当地选择因素作用下形成的。美国人 W.W.豪厄尔斯借用《圣经》上的故事把这种学说称为“诺亚方舟假说”。

单中心学派和多中心学派在原则上都承认人种形成的原因是选择、突变、迁移和遗传漂变。但在解释自己的学说时,实际上只是强调这些互相颞颥的因素的一个方面。最近有些学者提出多区域进化说。美国的 M.H.沃尔波夫、中国的吴新智和澳大利亚的 A.G.索恩认为非洲是人科的起源的中心地区,由于小群体效应而产生的遗传漂变和环境变异的选择作用,在人科从这个中心向边缘地区扩散中已形成了

多类型的群体 (polytypic populations)。由于维持区域内的连续性以及地区间的差异性所必要的选择和遗传漂变与保证物种的统一性所必要的多向的基因流 (迁移) 之间的动态平衡, 这种地区上多态的变异性在更新世大部分时间里得以保持。

生物学上关于物种发生过程的理论不可避免的渗进人种起源的讨论之中。系统渐变论是以旧种性状逐渐改变和积累解释新种的形成; 间断平衡论认为这种渐变不足以产生新种, 也不是旧种所有类型都可以转变为新种, 只是其中的一个新的适应的物种, 并通过扩散迅速代替旧种。

通过人种起源的理论研究, 一些基本事实已经清楚: 全世界现代人类属于生物学上同一物种。不仅如此, 在进化的各自阶段中也基本保持了 (是否完全保持, 仍在讨论中) 其物种的统一性。在现代人种主干区域范围内, 一些人种特征在直立人以后的各阶段中存在一定程度的类似。不仅欧洲, 而且东亚和非洲也是人种起源和进化的主要区域。以前关于人种起源的理论主要集中在中、东欧和西亚的尼安德特人的地位上, 而忽视了世界上其他地区。这些是人种起源理论研究已经取得的主要进展。由于化石材料的局限, 也由于物种形成的生物学机制尚无定论, 现在还不能说人种起源的问题已经十分清楚。

## 人种

race

ren zhong

具有共同遗传体质特征的人类群体。人种也称种族,在生物学上,人类各种族都同属于一个物种,即智人。不同的种族相当于在一个物种下的若干变种,他们都起源于一共同祖先。不同的人种虽然在肤色、眼色、发色、发型、头型、身高等特征上有所区别,但这些特征差异是由于人类在一定地域内长期适应当地自然环境,又经长期隔离所形成的。

分类 根据体质特征的差异,过去全世界人种大致上分为3大人种,即蒙古人种(黄色人种)、高加索人种(白色人种)、尼格罗人种(黑色人种)。有人还主张再分出澳大利亚人种(棕色人种)来。在这些主要人种之间还有若干过渡人种,如介于尼格罗人种和高加索人种之间的有埃塞俄比亚人种和南印度人种,介于高加索人种和蒙古人种之间的有南西伯利亚人种和乌拉尔人种,介于蒙古人种和尼格罗人种之间的有波利尼西亚人种和千岛人种。随着人类历史的发展,人类的生产活动能力的提高,控制自然能力的增强,社会因素逐渐加强而自然选择因素逐渐削弱,人类交往日益频繁,各人类

集团间不断发生混杂,混杂现象越来越广泛,几乎扩展到了世界上每个角落,因此,世界上几乎没有一个绝对的纯种。

现代各人种的分布 除去各种水域和一些高山外,人类是在地球上分布最广的一种生物。

现代人的分布经历了一个相当长时期的发展,至少可以追溯到更新世晚期的后半部,即旧石器时代晚期的晚期智人阶段。晚期智人具有高而圆隆的头颅和相对较小的面部,低矮的眉弓和突出的下颏等特征,它是现代智人的一种早期类型。在地球上广泛分布的最早的晚期智人各群体已经积累了文化上和体质遗传上的差异,并在此后 3.5 万年以上的时间里进一步得到扩展和改变,形成了现生各个人种的特征和分布状况。

与动物物种产生和分化的过程一样,形成现代各人种的自然过程仍然受基因突变、变异的随机扩散、迁移和自然选择四个基本因素控制。在这些因素作用下,现生各人种在某些形态特征和某些生物化学特征上显示了程度不同的差异,上述生物化学特征包括 ABO、Rh、MN 等多种血型系统和其他血液因子系统,某些遗传性疾病的存在或出现频率,以及对某些疾病的遗传性抗御等等。

各人种的体质形态一般来说与他们的生活环境是相适应的。例如,居住在炎热的非洲沙漠的尼格罗人的肢体细长;而在严寒的北极生活的因纽特人(以前一般称为“爱斯基摩人”)则肢体粗短。这与身体热量的保持和散发有关。赤道附近尼格罗人的皮肤含有较多的色素,可以避免过多的紫外

线照射,他们卷曲的头发也可起隔热的作用。蒙古人的倾斜的凤眼和内眦褶,还有宽的和富含脂肪的面颊、较平的鼻部和额部,可能与亚洲中部寒冷的多风沙气候有关。

在人种形成的过程中,自然因素作用的大小、性质和诱发条件,随着人类物质生产和社会文化的发展而变得越来越不同于其他动物物种形成的过程。人种的形成和分布比在其他动物同一物种内不同亚种的情况复杂得多。因此,不能简单地用自然条件来解释某些人种的某些特征。虽然非洲尼格罗人皮肤黑色素的骤增与太阳照射有关,但是实际上现在的非洲尼格罗人大部居住在蔽荫的森林里。世界上个子最高的人是居住在苏丹尼罗河上游的尼罗特人,成年男子平均身高达180厘米。有趣的是,世界上最矮的俾格米人也居住在这个区域。斯堪的纳维亚半岛低矮的拉普人也与高大的北欧人种毗邻居住,非洲尼格罗人面部突颌的特征适宜于炎热的气候,但北极人种中的阿留申类型的突颌比尼格罗人还要明显。这样一些表面上与自然条件相矛盾的人种特征的形成过程更复杂一些。

各人种的起源 蒙古人种、高加索人种、尼格罗人种三大人种主干的体质特征是在约3.5万年前开始出现的。在亚、欧、非三大洲发现的晚期智人的化石证明他们在本地区延续发展。美洲、澳洲和大洋洲较晚才有人类居住。由于澳洲土著的体质特征较为特殊,他们常被列为与以上三种人不同的另一种人。

蒙古人种起源于中亚和东亚。中国北京周口店山顶洞和

广西柳江县通天岩发现的晚期智人头骨化石表现了以黄种人特征为主导的特征。在马来西亚沙捞越的尼亚洞和在印度尼西亚爪哇瓦贾克发现的人类化石很像现代澳大利亚土著。早期蒙古人种逐渐向北方扩展,成为西伯利亚的通古斯人和楚克奇人以及因纽特人(爱斯基摩人)。跨过西伯利亚和美洲阿拉斯加之间曾经存在的“陆桥”,蒙古人种来到美洲,定居下来,成为美洲大陆最早的居民——印第安人。

蒙古人种从印度尼西亚,或者还有其他的地方,航海到澳大利亚,比到美洲去的历史或许稍早一些。在澳大利亚的芒戈湖、科阿沼泽发现的人类化石代表了两种不同的类型,因此有人认为曾经有过两次从亚洲向澳洲的迁移。大洋洲的美拉尼西亚、波利尼西亚和密克罗尼西亚可能只是在几千年前才有人居住。

非洲尼格罗人与在本地区发现的晚期智人在体质特征上的继承关系很明显,大部分人认为他们起源于非洲本土。但是,地区内变种分化的较晚。南非和东非的晚期智人化石都在不同程度上包含尼格罗人(Negroes)、科伊桑人(Khoisans,即以前所称的“布须曼人和霍屯督人”)和当地现代人特征的混合。只是在几千年之前,科伊桑人才在非洲南部定居下来,在北部,与狩猎经济相适应,形成尼格罗类形。

与欧洲晚期智人有关系的早期智人,即尼安德特人(Neandertals)阶段的化石比较复杂。最早的白种人的起源地目前只能圈定在南欧、北非和西亚这样一块较大的区域之中。欧洲本土发现的晚期智人化石以克罗马农人(Cro-Magnon)

为代表,他们在3万年前已经显示了高加索人种的性质。由于欧洲与附近亚、非洲部分的人群混杂很频繁,高加索人种再分化为现代的次级人种则是大约1万年以内的事。这样的次级人种包括波罗的海周围浅肤色的北欧人种、浅黑色皮肤的地中海人种和北非埃塞俄比亚人种以及深褐色皮肤的南印度人种。1000多年以前宗教对婚姻的限制也是后期人种特征相对稳定的重要因素。

意大利航海家C.哥伦布1492年到达美洲大陆以后,随着欧洲资本主义国家寻求新的殖民地,世界人种的分布发生了急剧的变化:数以百万计的欧洲人涌向美洲、南非、澳大利亚和新西兰,使高加索人种的数目迅速增长。例如,近4个世纪以来世界人口增长约6倍,而英国人的后裔至少增长50倍。与此同时,几百万非洲黑人作为奴隶被绑架到美洲。由于混杂又出现了新的人种,美洲的有色人种已达6000万人之多。有的人种(塔斯马尼亚人)已灭绝,有些人种如澳洲土著及美洲印第安人人口大大减少。这样的一系列过程形成了现代人种分布的基本格局。

人种划分的补充说明 除外表形态特征外,在生物化学及人类遗传学研究的基础上,发现过去以纯形态学为标准的三分或四分的人种划分方案已经不能全面反映真实情况了。至于完全以肤色为标准的“白种人”、“黄种人”、“黑种人”、“棕种人”,甚至还有“红种人”的名称也并不十分恰当,应该摒弃。

基于科学的发展,在外表形态特征基础上,加上血型、遗

传病等的差异,再考虑地理障碍等因素,把世界人种划分为 9 个地理人种 (geographical race)。

印度地理人种的外表特征虽与高加索人种有许多相同之处,但肤色较深,身材细长,有些属骨瘦如柴类型。此外,骨密度低;B 型血型出现率高,Rh 阴性血型出现率低。显示其血型特征上与蒙古地理人种相似。

高加索地理人种的 Rh 阴性血型出现率高,并有 A<sub>2</sub> 型血型的人,与印度地理人种不同。其肤色浅、体毛浓密。鼻大而窄和男子秃顶者多也是其显著特征。

印第安地理人种或称美洲印第安地理人种,过去曾依外表特征而归于蒙古人种,如直黑发、铲形门齿出现率高、体毛稀疏、男子秃顶者少等。但其肤色较蒙古人种更浓重,且具偏红色调。其血型特征也与蒙古人种不同,如无 B 型及 Rh 阴性血型的人,N 型血型的人也很少,而 Diego 阳性血型出现率高。

蒙古地理人种在血型特征上是 B 型血型出现率高,Duffy 血型及 Diego 阳性血型出现率不稳定或偏高。

尼格罗地理人种从外形特征上有时可以划分为具典型特征的刚果人种和肤色微黄,身材矮细、具螺旋状丛生发的开普人种(包括科伊桑人)。二者在血型上无明显差异。一般 R<sub>1</sub> 型血型出现率高,U - 阴性血型略少,F<sub>y</sub> 型和 V 型血型很罕见。血红蛋白异常。有 6 - 磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症。

澳大利亚地理人种肤色浓黑,发波状至卷曲状,身材细长、体毛中等至浓密、男子秃顶率高、并伴有小腿无毛现象。

牙齿大、眉嵴高、下颌突出。B 型血型出现率很低, N 型血型出现率极高, 无 S 型血型。无异常血红蛋白, 无 6 - 磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症, 与尼格罗人种相反。

大洋洲诸岛上的人种曾与澳洲人种共称澳洲大洋洲人种。美拉尼西亚地理人种外貌上近似澳大利亚人种, 但铲形门齿出现率高, B 型和 S 型血型出现率高。有 6 - 磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症和地中海贫血基因。可能澳大利亚人种与之关系更密切些。

密克罗尼西亚地理人种曾被认为可能是东南亚蒙古人种、美拉尼西亚人种和波利尼西亚人种的混血后裔。但其 B 型血型出现率稍高、N 型较 M 型血型多、Duffy - 阳性和 Diego - 阴性血型出现率很高。表明他们是独立的地理人种。

波利尼西亚地理人种肤色较浅、体毛少。B 型血型出现率低、N 型血型出现率较高, 无 Rh - 阴性和 A<sub>2</sub> 型血型, B 型、M 型和 Duffy - 阳性血型出现率也不高。虽然面部特征近似蒙古人种; 但肤色浅, 波状发和浓密络腮胡须又与高加索人种近似。其血型与蒙古人种及高加索人种均有较大差异。

在地理人种范围内, 基于生物学的或其他如地理障碍、社会、民俗等因素, 甚至历史和政治因素等而形成一些稍小的居群集团, 可以称之为地域人种 (local race)。他们往往只在本群内通婚, 极少与其他集团交往。一个地域人种内的各成员间, 生物学特征极相似。往往许多在遗传特征上相似的地域人种可以在一个大陆或某一较大区域构成地理人种。处于边缘地区、地理阻隔严重、人口很少的地域人种常常构成在遗传

性质上稳定的特殊的居群。

在人口稠密或地理阻限不严重的经济发达地区,则诸多地域人种间生物学上的差异较少,而政治、历史等方面的差异起作用较大。例如高加索人种中就有阿尔卑斯、地中海、东北欧、西北欧等地域人种。日本的阿伊努人、非洲的俾格米人、夏威夷群岛的夏威夷人都属于特定的地域人种。

在人数较多,人口密度较大而又少流动的地方常有小的居群集团;他们常表现为具单独的遗传因素,目前名之为少数人种(microrace)。斯堪的纳维亚的拉普人可作为少数人种的例子。

人类的种族(Races of Mankind)这一概念使用已久,目前常把人种写成(human population),也就是赋予人种以居群意义。

人种的起源、形成、分布和混杂等问题至今仍有许多地方无法弄清。有待今后深入研究。

143

## 体型

somatotype  
tǐ xíng

体型指的是人体形状的总体描述和评定。体型与人体的运动能力和其他机能、对疾病的易染性及其治疗的反应有一

定的关系,因此,在人类生物学、体质人类学、医学和运动科学中受到注意。体型主要由遗传性决定;另一方面,包括人体对环境的适应和人的行为在内的后天影响也使体型发生一定范围内的变化。

描述体型的指标不外乎身体的形态观察和人体测量特征两个方面,制定体型的标准类型的基本要求是既要复杂的人体形状的特征得到完善的、实质上的反映,又要能够把几乎所有的人包括进去。因此,选择符合这些要求的观察项目和测量项目就相当费事,有时不得不包括上百个这样的项目。此外,不同的研究者划分体型等级有不同的依据和尺度。有的使用身体的纵向比例,有的着眼于躯干与四肢的比例,有的注意各器官系统的发育情况及其相互比例;有的注重脂肪沉积与肌肉发育的状况。由于这两方面的原因,再加上实用上的原因,体型尽管已有半个多世纪研究的历史,至今在全世界并不是应用得很普遍。

体型目前实际上定义为决定一个人的形态结构的3个主要因子的数量关系,这套因子指的是内胚层型、中胚层型和外胚层型。内胚层型是由内胚层发育成的组织占优势的一种身体建造类型,全身各部较软而圆,消化器官肥大,脂肪沉积丰富,故躯干和大腿特大,而上肢和小腿特细。中胚层型是由中胚层发育成的组织占优势的一种身体建造类型。其肌肉、骨骼及结缔组织颇为发育、体格健壮、结实,有粗壮的外表。外胚层型是由外胚层发育成的组织占优势的一种身体建造类型。其体形细长,显得瘦弱,肌肉组织和皮下组织不发达。

每个人体型的评定都包含这 3 个体型因子的得分,它们间的关系构成了体型的总评价。一个人的体型可以三维正交坐标系的一个点代表,也可化为二维平面图上的坐标点,这就是评定体型常用的体型位图。

在 20 世纪 50 年代以前,一般认为体型是基因型,完全由遗传决定。虽然一个人的体格在不同的年龄和不同的状况下可能有所变化,但他的体型据认为是永远不变的。从 50 年代以后,越来越多的学者认为体型是表现型,是变的。以动态的观点研究体型使它获得了新的活力。也就是说,体型的评定不仅可以发现两个人或两群人之间的差异,以及体型与人体某种机能之间的关系,而且可以研究同一个人不同时期不同条件下体型变化的方向(即在内、中、外胚层型中哪种因子占优势)和强度,这使得体型研究提高了实用意义。

如上所述,体型的研究者关于体型的概念往往是不同的。他们从各自关心的角度研究人的体型。比如,少年儿童工作者、医生、体育运动教练员会从各自特定的眼光看待体型,他们注重的体型往往是与某项机能有关的身体部分的类型。不拘泥于内、中、外胚层型的类型划分,对体型的研究引伸到生物学上的人体机能类型,产生了人类生物学的一门新分支

机能生物类型学。如果适当地确定与人体某种机能有关的身体类型,系统地收集资料,又有适当的统计方法及对统计结果的具体分析,体型的研究,或推广地说,机能类型的研究对于特定的职业或其他需要出发选择或改善人的体型会有指导意义。

## 内眦褶

fold of inner canthus

nei zi zhe



在眼内角的特殊皮肤褶皱,在或多或少程度上把泪阜遮盖住,又名蒙古褶。内眦褶通常是上眼睑褶皱的延续,内眦褶与半月褶皱或残余的第三睑不同,半月褶也是眼内角的褶皱,它是由结膜所组成的。在猿猴的半月褶中照例藏有软骨板,这在人体中很少见到。

在人类学观察中,不仅要注意有无内眦褶,而且要注意其发达与否。内眦褶有很大的年龄变化。在有的群体里,如俄罗斯人、德国人、成年人完全缺失内眦褶,而在儿童中会有出现;同样,在儿童中内眦褶出现率达100%的群体里,内眦褶的频率随年龄明显地减少,有时40岁以后特别地稀少。例如,朝鲜人,在20~25岁的年龄组中,有92%具有内眦褶,在26~29岁的年龄组中,有77%具有内眦褶,在40~50岁组中,只有36%,而在50岁以上只有15%了。因此,当根据内眦褶的频率和发达程度对各地区类群作资料对比时,必须考虑到对比类群的年龄。女性的内眦褶比同年龄的男性稍多。内眦褶的发育有很大的地理性差异,在中亚、东亚和北亚的相当大地区的居民中,具有内眦褶的成年男性常常超过60%;

哈萨克人不超过 25% , 伏尔加河流域的鞑靼人不超过 5 ~ 7% , 在俄罗斯人、欧洲人中及澳大利亚、美拉尼西亚、印度、非洲的本地居民中,除了布须曼人外都没有内眦褶。中国黎族的出现率为 48.5% , 而山东地区出现率达 90% 之多。

内眦褶的发育与鼻梁的高度有明显的关系,很发达的内眦褶仅仅见之于低鼻梁的群体中,鼻梁的高度和内眦褶之间在群体内部存在着负相关;但是,低鼻梁对于内眦褶的出现不是必要的条件,无论从整个群体来说(例如黑人)或从个别个体来说,低鼻梁的人可以完全缺乏内眦褶。

## 肤色

skin color

fu se



人类皮肤颜色不同,并不是因含有不同色素造成的,皮肤颜色的深浅,与黑色素在皮肤中的含量及分布状态(颗粒状或分散状)有关。皮肤由两层组成,表皮层及真皮层。表皮层由四层组成,由外向里为角化层、透明层、颗粒层,最里层为生发层,也叫马尔比基氏层。表皮分层以手掌及足底皮肤较为完全,而在其他部位可能只见到两层生发层及角化层。黑色素集中在表皮的生发层的细胞中及细胞间,而表皮的角质化细胞中是没有色素的。人类皮肤的真皮层中一般也是没

147

学生  
实用  
工具  
书

有黑色素的,但当在真皮中具有色素时,由于色素透过皮肤而呈现青色的斑,如在新生儿的骶部及臀部,往往可以看到灰青色的斑,就是这么形成的。此外,皮肤的颜色还和微血管中的血液、皮肤的粗糙程度及湿润程度有关。身体在不同部位的颜色也常常不完全一样,背部的颜色比胸部要深得多,四肢伸侧比屈侧的颜色要深些,颜色最深处是在会阴部及乳头处。手掌和脚掌是全身颜色最浅的部位,甚至在色素极深的人群中,这些部位的颜色也明显地比其他部位浅,不同的生活条件也会造成皮肤颜色深浅的不同。

148

肤色是人种分类的重要标志之一,观察皮肤的颜色的方法有许多种,现在人类学家在实际工作中大多采用冯鲁向氏肤色模型表,观察部位主要是上臂内侧,此模型表由36块不同颜色的玻璃组成,分为五级,即十分浅、浅、中等、深、十分深色皮肤。肤色最浅的是北欧居民,其肤色呈粉色,主要是微血管颜色透过皮肤的缘故;肤色最深的要算巴布亚人、美拉尼西亚人,特别是非洲的黑人。

## 发型

hair form

fa xing

头发的形状是人种分类的传统根据之一。头发的长度、

颜色和发型都是肉眼所能观察到的,一般分为 5 种类型,即直发、波发、卷发、羊毛状卷发及小螺旋形发。黄色人种的头发是直而不卷的,长而粗,颜色为黑褐色或黑色,如中国人、美洲印第安人,一般认为因纽特人(爱斯基摩人)的头发是最硬的。黑色人种的头发是黑褐色或黑色的羊毛卷发以及小螺旋形发,头发是短粗而卷缩的,如非洲的尼格罗人,小螺旋形发则是布须曼人和霍屯督人所特有的。白色人种的头发常见波状发和卷发,颜色从灰白色(斯堪的纳维亚人)通过不同程度的褐色一直到黑色(希腊人、南意大利人),偶然还有红色的;在长度上,波状发和卷发处于中等长度。而显微研究的结果表明不同发型所观察到的差异是与肉眼所看到的特征上的差异有关的。直发的横切面是圆的或近乎是圆的,髓质通常是存在的;羊毛状及小螺旋形状发的横切面是椭圆形的或肾状的,有髓质,髓质被浓密的黑色素颗粒盖住;波状和卷发的横切面是椭圆形的,髓质也经常存在。澳大利亚土著居民的头发虽然是波状的,横切面是椭圆形的,像白色人种一样,但是其头发始终是深褐色或黑色,而且粗,像黑色人种和黄色人种的头发。用头发指数(头发指数 =  $\frac{\text{发杆的最小横径}}{\text{发杆的最大横径}} \times 100$ )来表示头发的形状或扁平程度,直发的指数一般变异在 80 ~ 100 之间;波发和卷发变异在 60 ~ 80 之间;羊毛状发和小螺旋发变异在 60 以下。一般认为发杆的形状是与埋在皮肤内的毛囊的形状有关的,在直发里,毛囊是直的,在波发和卷发里,毛囊是微弯的,而羊毛卷及小

螺旋形的毛囊是强烈地弯曲的或呈马刀形。除此以外,还有些其他因素对头发的形状是有影响的,一般认为波发中所看到的卷曲是由于毛杆展平时两边之间不均等造成的,而卷发、羊毛状发和小螺旋形发的卷曲是由于毛杆在其长轴上扭转所造成的,卷曲程度随所扭转程度增大。