

植物学

1. 构建植物大厦的神奇材料

——植物细胞壁的形态和构成

大自然中的植物虽然千姿百态，大到参天大树，小到单细胞浮游植物，但构成其生物体的基本单位都是一样的。这个基本的结构单位就是细胞。植物细胞与动物细胞的区别之一，就是具有细胞壁。可不要小看这层薄薄的硬壁，它们不但可以支撑细胞中原生质体的生存空间，而且还参与一系列其他的生理活动，成为构建植物大厦的神奇材料。

细胞壁的结构的确很像是一堵钢筋混凝土的墙壁，是由纤维素的纤丝构成骨架，然后加上其他的填充物质形成的。纤维素(α -1,4-葡萄糖聚糖)是一种长链大分子，这些分子相互结合成微团，由微团再组成一种丝状的微团系统——微纤丝，微纤丝很细(直径为1.7—5.0毫微米)，只能在电子显微镜下观察到。微纤丝进一步聚合成为不同等级的纤丝(直径50毫微米以上)，较粗大的纤丝甚至在光学显微镜下就能看到。这些纤丝就是搭构植物细胞壁的“钢筋”。随着细胞的发育，细胞壁的成分，纤丝的排列状况等都会发生变化，使细胞壁出现分层现象。最外一层为胞间层(中胶层)，是细胞分裂后最初形成的壁，由胶体状的果胶质构成；中间一层是初生壁，是在细胞生长期形成的壁，由杂乱无序纤丝搭构而成，可随细胞的生长而扩大，所以一般较薄，可以在分生组织或各种未完全成熟的薄壁组织细胞中看到；最内是次生壁，是在细胞成熟以后形成的细胞壁，由有序排列的纤丝，并在其中填充了木质素、半纤维素、角质、果胶质等，形成固化的“混凝土”，次生壁因此而具有了极强的机械支撑力，但细胞壁的塑性消失了，不能继续生长延展。次生壁在许多已分化了的薄壁细胞(如周皮外层、木薄壁细胞等)中就能见到，以纤维为例(见图1)，它的次生壁很厚，又分三层(外层S1，中层S2，内层S3)，各层纤丝的排列方向不同。

其实，细胞壁可不只是像一堵墙那样简单。它也是生命活动场所之一，参与物质运输、吸收和分泌等多种生理活动。细胞壁上有各式孔道(称为纹孔或纹孔场)，是细胞间进行物质交流的通道。细胞壁的形态对研究植物结构有特殊意义，世界上最早看到的“细胞”实际上只是木栓的细胞壁，研究植物结构的“形态解剖学”也被称为是“研究细胞壁的科学”。足见细胞壁对维持植物体形态和空间结构的重要性。

2. “永恒的”组织

——植物的分生组织

在高等植物和少数低等植物中，在其植物体的某些特定部位，有一种特殊的组织。这种组织的特点是能够长久地保持细胞分裂能力，而很少发生细胞的生长和分化，也就是说它们是一群“幼态”的细胞，这就是分生组织。这种细胞分裂活动相对集中于某些区域的现象，是植物与动物的一大区别。植物体上的所有其他组织都是由分生组织分化产生的，因此，分生组织对植物体的结构和生长发育，起着决定性的作用。

分生组织不是固定的、一成不变的组织，在个体发育过程中，分生组织可以变成其他组织，其他组织也可以变成分生组织。作用是使植物体纵向生长(长高)，由初生分生组织分化衍生的植物体结构称为“初生构造”。随着进一步发育，在植物体初生构造中某些特定部位的薄壁组织细胞恢复分生能力，即产生另一种分生组织——次生分生组织，其功能不是使植物体伸长，

而是加粗。根、茎、叶柄中的维管形成层以及形成周皮的木栓形成层都是次生分生组织。由次生分生组织产生的构造叫做“次生构造”，大树的树干、枝条多是由次生构造构成。单子叶植物和一些草本的双子叶植物（如毛茛科的一些种类）缺乏次生分生组织，没有次生构造。

有人认为顶端分生组织是直接由胚中继承来的，在茎尖上它们像动物的生殖器官一样保留了物种的遗传物质并将其传给了新一代的胚，因此称之为“永恒的组织”。这种观点是错误的，现代遗传学和植物发育解剖学许多结论都证明了其荒谬。以上这些事实都证明，分生组织在植物个体发育过程中一直处于一种动态的发展变化过程，它们逐渐转化，更新为新的组织，直至植物体衰老、死亡。一成不变的所谓“永恒的”组织是不存在的。

3. 大树为什么能活千年以上

——次生分生组织的结构与功能

生物界的“寿星”是谁，不是神龟，不是灵蛇，而是古树，尤其是裸子植物。生长在美国的一株北美红桧有“世界爷”之称，树龄估计在七千岁左右，比人类文明史还早两千多年。我国也有不少千年古树急待保护，仅在山东泰山就有秦松、汉柏、唐槐等。

大树要活到千年以上，大自然给稳定适宜的环境和较少的灾害固然重要，更重要的是植物体本身所具有的维持生存的能力。而最重要的是其树干和根系的生活能力，因为根深才能叶茂，本固方可枝荣。这种生活能力，是靠次生分生组织的活动而维持的。

维管形成层最初是由幼苗中的初生木质部和初生韧皮部之间的基本组织脱分化而成的（在根中还有一部分中柱鞘细胞参加）。维管形成层含有两种功能不同的分生组织细胞。纺锤状原始细胞向内分裂产生导管、管胞、纤维、木薄壁细胞，向外分裂产生筛管和伴胞、筛胞、韧皮薄壁细胞等，这些多是纵向伸长的细胞；射线原始细胞向内向外产生木射线和韧皮射线薄壁细胞，它们与横向输导有关。由于形成层的分裂活动在一年中并不平均，所以次生木质部会出现同心圆状的生长轮（年轮）。随着树长大，次生木质部的体积逐渐大大超过次生韧皮部，这是因为木质部比较硬，容易保留下来，而外围衰老的次生韧皮部则往往被挤毁或变成次生皮层和周皮。但是，次生木质部中有生活能力的也只有靠近形成层的一部分，而中心的已逐渐衰老、死亡、腐朽，所以古树空心是常有的事。

不同树种的形成层寿命不完全相同。大多数裸子植物形成层寿命较长，它们的次生木质部由细长的管胞构成，生长缓慢，木材也较致密，又可以分泌大量树脂，有防止腐朽和抗病虫害的作用，所以能为长寿的大树是可以理解的。

木栓形成层是短命的，新的木栓形成层不断向内产生，侵蚀了一部分次生韧皮部甚至某些部位的形成层。但这些被侵蚀的部分会很快被形成层向外分裂产生的细胞所补充，所以一直表现为协调生长。但是，一旦树皮（含有周皮、次生皮层、次生韧皮部和一部分形成层）被破坏，形成层受损，大树就会很快的死去。

4. 植物的血脉

——输导组织

大约 3.8 亿年前，地球上的环境发生了巨大的变化。沧海桑田，一些水生的低等植物被迫登陆，逐渐演化为陆生植物。但是陆地环境干燥多变，为

了有效地吸收用以维持生命的水份和增加机械支持能力，在最原始的陆生植物——裸蕨中便开始分化出了维管组织，即中柱。输导组织就这样产生了。

经过几亿年的进比，高等植物的输导组织也变得更加复杂和完善，在蕨类植物和种子植物的植物体中，输导组织形成了一个庞大的体系——维管束系统，贯穿于整个植物体中，其功能和结构成份也逐渐复杂化。由输导组织构成的维管束包括两个相对的部分，即木质部和韧皮部，二者的功能很像动物的动脉和静脉。木质部的主要功能是将由根吸收的水分和无机盐向上运输到茎、叶、花、果实等部位，用以维持细胞生命代谢的内环境和弥补植物地上部分水分蒸发的消耗；韧皮部的主要功能则是将叶经光合作用制造的有机养料向下运输到植物体的各部分，为其生命活动提供营养物质。在大多数蕨类植物和裸子植物中，木质部是由管胞和木纤维构成的，韧皮部中的主要输导分子是筛胞，管胞和筛胞部是细长的细胞，上下端壁只有很小的纹孔，通过它们进行物质运输，效率很低。而在比较进化的被子植物中木质部主要靠导管，韧皮部中主要靠筛管运输；导管分子的端壁甚至可以完全消失，形成一条名副其实的管道，筛管细胞也高度分化，细胞核消失了，细胞内分化了许多帮助进行物质运输的机制，紧靠着筛管的伴胞还与筛管一起协同作用，帮助其输导营养物质。被子植物维管束的另一个特点是其中薄壁组织的含量增加了，而纤维和输导分子所占的比例相对减少了；薄壁组织细胞中含生活的原生质体，它们的加入不仅使维管束的输导和机械支持效率提高，而且还使其增加了贮藏和分泌等功能。

应该指出，维管束中的物质在纵向运输的同时还存在横向运输，木质部和韧皮部中的横向运输主要由薄壁细胞和径向管胞构成的维管射线来完成。尤其是在本世纪七十年代发现植物中存在一种“传输细胞”，它们的细胞壁具有内突生长，使其原生质体的质膜面积大大增加，因而具有从原生质体外吸收或由内向外排出物质的强大能力。这种细胞在小叶脉等处的维管束中多有存在，但由于其分布位置复杂，并且与物质的纵向运输关系不密切，所以一般不将其归入输导组织，而只视为一种特殊的薄壁细胞。

5. 植物的甲胄

——保护组织

陆生环境对于无法运动的植物来说是非常险恶的，为抵御风吹日晒、雨打雹击、病虫侵扰，陆生植物炼成了有效的防护甲胄，这就是保护组织。

保护组织毫无例外地都位于植物体的表面，即与空气接触的部分，有初生保护组织和次生保护组织两种类型。初生保护组织即表皮，位于叶片、花器官和果实等的表面，多由一层细胞构成，其特点是细胞的外表面具有角质层。表皮细胞的角质层相互连成一片，无缝无隙，不透水不透气，因此在表皮上常有气孔器分化，以作为与外界交换水分和气体的通道。另外表皮上还可以分化中毛、分泌腺等结构。在许多植物的表皮角质层外还常覆盖有蜡质（如苹果果实）或硅质（如小麦叶片）等。别看角质层如此轻薄，但用做保护则是相当有效，特别适合于那些可塑性大，生命代谢旺盛的器官。因为角质是一种高分子脂类化合物，透明而又柔软，高温高压强酸强碱都不能破坏它。有些果树品种能抗病虫害，就是由于其角质层较厚的缘故。

表皮是由初生分生组织或薄壁组织分化而来，属于初生构造，而次生保护组织，——周皮则是由次生分生组织——木栓形成层产生的。周皮位于老根、茎、枝、叶柄等的外层，可分为三层：木栓层（外层），木栓形成层（中

层)、栓内层(内层),木栓形成层向内分裂产生栓内层(薄壁细胞),向外分裂的细胞则迅速死亡,壁有强烈的木栓质加厚。木栓质也是脂类物质,又称软木,质轻,不透水不透气。因此周皮上同样有功能类似气孔的气体交换通道,称为皮孔。周皮中的木栓形成层往往是短命的,在一年中环境适宜时加速活动,然后死去变成木栓层,然后再由其栓内层细胞恢复分生能力变为木栓形成层,这样不断向内侵蚀,直至次生韧皮部乃至维管形成层。而外围的木栓层多不脱落,层层积累,于是我们就在树干上看到了各种各样的裂纹。

另外,植物体外表面的情况有时会比较复杂。比如在根尖和幼根外表,其表皮的角质层很薄,它们的主要功能不是保护而是吸收土壤中的水分(尤其在根毛区),因此我们不将其归入保护组织而只看着是一种吸收薄壁组织,特称为“根被皮”。另外,在有些时候初生和次生保护组织会混杂难辨,比如在梨、核桃果实上,果皮的大部分是表皮,但表皮上又有木栓质的皮孔。这些都说明了植物结构的复杂多样性。

6. 植物的地下宫殿

——根

参天大树、繁花野草是我们司空见惯的,但植物体的地下部分也会有所耳闻,古人有“根深叶茂,本固枝荣”的说法,可见对于根的重要性,人们很早就认识到了。

植物的这座神秘的地下宫殿,在植物学上叫做根系。从形态上看,根系有直根系、须根系之分;从来源上看,根有主根、侧根和不定根之分。主根是由胚根直接发育而成的,又称直根,由主根上产生的分枝叫侧根,它们在一定的部位产生。当主根在发育的早期就退化死亡时,在植物体的其他部位上可以产生出不定根,顾名思义,其发生位置不定,在下胚轴、茎的基部甚至叶腋或成熟的叶片上(如落地生根)都可以长出不定根。一般来说,直根系中有一根比较直的主根,主根优先发育,直根系的形态很像颠倒了单轴分枝的茎。深根系植物绝大多数具有直根系。直根系上侧根的发生位置多有一定规律,比如萝卜只发生两排侧根,侧根的夹角为 180° ,几乎排列在一个平面上。须根系多是由不定根形成的,多为浅根系,根的排列像胡须一样,杂乱无序。不定根上也可产生侧根,侧根的长度和发生部位也不像直根系那样有规律。高大乔木一般是直根系的,而粮食作物多为浅根系,根据这一特点,农业生产上可以进行“林粮间作”,以充分利用地上和地下空间,获得更大的经济效益。

一条根的最前端是根冠,根冠内包着生长点,生长点向下分生产生根冠,向上分裂产生初生构造,根的伸长也是靠初生构造的生长发育来完成的。初生根在外形上可分为根冠区、伸长区、根毛区和成熟区,而在大多数双子叶植物中,以成熟区开始维管形成层就已产生,所以成熟区以上的部位一般就是次生根了。单子叶植物根中一般缺乏次生构造。

从结构上看,根是由皮系统、基本组织(即薄壁组织)系统、维管组织系统三种组织系统构成,在横切面上由外向里可见根被皮、皮层、内皮层、中柱鞘、初生木质部和初生韧皮部,髓(如图2)。根的内皮层比茎的更明显,因为其细胞壁的特定区域有木栓质的带状加厚(凯氏带)或五面细胞壁全面加厚(单子叶植物多如此)。这些结构对根吸收水分和无机盐有调控作用。

根具有向下生长的特性（正的向地性），根冠细胞中的大淀粉粒（平衡石），与这种特性有密切关系。根的主要功能是吸收、输导和支持，也有贮藏养料等功能，甘薯就是贮存了大量养料的肥大的根。

7. 坚强的“躯干”

——茎

什么是茎？这个问题看起来很简单，茎是白杨那笔直的躯干，也是苍松那盘结的虬枝；但是细想又不那么简单，白菜的茎的哪里，草坪上那些绿茵茵的结缕草，它们的茎又在哪里呢？

茎具有向上生长的特性（负的向地性）。茎的形态实在是复杂多变，可以分为直立

茎、葡萄茎、平卧茎、缠绕茎；可以长在地上，也可以生在地下（莲藕是葡萄茎，结缕草有根状茎）；茎可以分枝，也可以不分枝；节间可能很长，也可以短到难以识别。人白菜的茎就是一种不分枝的、节间极度缩短的直立茎。茎还可以变态肥大，如土豆（块茎）、蒜头（鳞茎）、荸荠（球茎）等都是茎。另外所谓的乔木、灌木、草本、藤本等等，也都是根据茎的形态和结构而划分的。可见植物的茎并不总是那么“伟岸”，有时它是那么不起眼，甚至终生不见天日的呢！

从结构上看，茎和根一样是由皮系统、基本组织系统和维管组织系统构成的。在茎的横切面上，由外向内可以看到表皮（或周皮）、皮层（或次生皮层）、初生韧皮部、次生韧皮部、形成层、次生木质部、初生木质部和髓（如图1—3）。木本植物的茎中，次生木质部占了茎的绝大部分，而草本植物茎的大部分体积被薄壁组织所占据。单子叶植物由于缺乏次生构造，所以多属于草本植物，少数单子叶植物可以是木本植物（如竹子、棕榈、椰子等），但多是由于初生构造的细胞壁质化而成，并不具有次生构造。

根和茎在结构上的主要区别在维管束。根的初生木质部和初生韧皮都是相间排列的，而茎的则是相对排列的。根的初生木质部是外始式（向心发育），而茎的则是内始式（离心发育）。根和茎的次生维管束差别不大，比较难以区别。

茎的主要功能是将根和叶、花、果实等地上器官连接起来，并将这些气生器官支撑到一定的空间位置，使其发挥正常的生理功能，就此而言，把茎称做植物的躯干也有一定的道理。茎的另一主要功能是进行物质的运输。另外，茎还具有贮藏、分泌等功能。

从系统发育上看，茎是最古老的器官，最早的陆生植物（原始的裸蕨）无根无叶而只有茎。根、叶、孢子叶球、花、果实、种子都是后来演化形成的。

8. 精美的食物加工厂

——叶

高等植物的叶是植物体上进行光合作用的主要场所，位于叶肉组织中的叶绿体的片层结构上具有一整套的光合（同化）反应所需的酶和载体，它们吸收 CO_2 和水，合成葡萄糖并释放出氧气，为植物体的其他代谢（异化反应）提供原料，为生物界的其他类群提供食物。

仔细观察叶片的内部结构，可以发现这是一座组织协调严密，布局精巧合理的精美的食物工厂。工厂的围墙是上下表皮，而叶肉细胞是加工和储存养料的车间，光合原料 CO_2 由表皮上的气孔进入叶内空间，水分则是由叶脉

的输导组织运来的。光合产物中的碳水化合物由韧皮部运出来，少数也可以留下来，以淀粉粒等形式暂时储存在叶肉细胞中，氧气一部分留在发达的叶肉细胞间隙中或溶解在细胞中，一部分通过气孔排出体外。

根据叶肉细胞的结构方式不同，叶有两面叶和等面叶之分。两面叶（如桃树叶）有栅栏组织和海绵组织之分，栅栏组织细胞圆柱状紧密排列在上表皮下方，是光合作用的主要场所；海绵组织为星状或不规则形状，细胞间隙发达，光合能力较弱，有贮藏作用。等面叶（如小麦叶）没有栅栏组织和海绵组织的分化。叶片组织中叶绿体的分布也很有趣，在表皮中没有叶绿体，使表皮成一层透明的膜，阳光可透过它直接照到叶肉细胞上；栅栏组织的叶绿体大而多，内部光合片层发达，这些叶绿体在细胞中有规律地排列，以求最有效地接受阳光；海绵组织中叶绿体较少，内部片层不很发达，排列也无序。

在植物体上叶片是形态结构随环境条件变化而变化最大的一种器官，同一植物叶的形状在不同环境中可能面目全非。有时即使同一株植物上叶的形状也差别很大（如构树）。叶一般由叶柄、叶片和托叶三部分构成，三部分俱全的叫完全叶，缺少其中之一的叫不完全叶。一个叶柄上可以只有一个叶片，也可以有多个小叶片，分别称为单叶和复叶。叶片、叶柄、托叶的形状，复叶的形状和小叶片数目等非常复杂多样，叶片的质地（有革质、纸质、草质、肉质等等）也非常不同。叶片上叶脉的分布形状也有差别；表皮附属物（气孔器、表皮毛、腺体、角质层、蜡被等等）和表皮细胞的形状、数目等也有变化。以上这些性状在物种之间和种内也有一定的规律，全面深入地研究分析可以成为植物分类的依据。

叶的另一功能是帮助清除植物体内的代谢废物，这废物可以随着落叶而被抛弃。蒸腾作用也是叶的主要功能，与光合作用一样，对植物生活有着重要意义。

9. 随机应变的本领

——植物营养器官的变态

植物体在长期的历史发展过程中，长期的适应其生存环境条件，有些植物的营养器官无论在形态上、构造上或生理功能上，都变得面目全非，这种变化叫变态。变态是一个可以一代代遗传下去的稳定的遗传性状。根、茎、叶都可以发生变态。

根的变态有肥大直根（如萝卜、胡萝卜、甜菜），块根（如甘薯），气生根，吸器（如寄生植物菟丝子的根）等形式。肥大直根和块根都是肥大的肉质根，其中储藏了大量营养物质，不同之处在于肥大直根是由直根系的主根肥大而成并包括了茎基部和胚轴的部分，形状比较规则，比如萝卜上部，没有侧根发生的部分就是茎和下胚轴肥大形成的；块根则完全是由根的部分——侧根或不定根形成的，形状不规则。气生根是生长在空气中的根，有几种类型。榕树的树干和老枝上，玉米茎的基部生有支柱根，有的支柱根长得很粗，榕树“独木成林”的现象就是由此产生的；常春藤等藤本植物的茎上产生攀援根，借以固着攀援；一些湿生植物（如红树、水松、池杉等）向上长出水面，称为呼吸根。

茎（主要是地下茎）的变态很多，有根状茎（如藕、竹等）、块茎（马铃薯）、鳞茎（洋葱、大蒜）、球茎（芋头、荸荠），与根的区别是其上生芽、长叶、分节。茎的地上部分也有很多变态。南瓜、葡萄的卷须；皂荚、

山楂的枝刺；竹节蓼、假叶树的叶子退化，由茎变态成绿叶，叫叶状枝，执行叶的功能，所以假叶树的花不是在枝上而开在“叶片”上。许多植物的茎还可变成绿色的肉质化（莴苣、榨菜），最常见的是仙人掌科植物（如昙花、蟹爪兰、仙人掌、仙人球等）各种形状的肉质变态茎。

叶的变态有以下几种；苞叶是生于花或花序下面的一种特殊叶（如向日葵和玉米雌花序外的苞叶），有保护花或果实的作用。叶卷须是叶变成卷须状（如豌豆羽状复叶的先端），有攀援作用。鳞叶包在芽外或根状茎的节部，有保护功能。许多植物（洋槐、小蘗）的叶或托叶变成刺状叶，同样具有保护作用；有的植物叶片退化消失，由叶柄变成叶片状（如台湾相思树）。还有一些植物的叶变态成捕虫叶，形状各异（如猪笼草的为瓶状，狸藻的囊状，茅膏菜的盘状等），可以捕捉和消化昆虫，非常奇特。

由于营养器官的变化，使器官的功能得到了扩展和加强，为植物体适应环境提供了良好的内在条件。

10．生生不息的秘密

——植物的繁殖

植物的全部生活包括两个方面：一是要维持个体的生存，二是要使种族延续。个体的生命终究是短暂的，只有利用短暂的生命造就新的生命，才是延续生命的上策，这种产生新个体的现象就叫做繁殖。这不仅是植物也是包括人类在内的所有生物的共同生存法则，物种能够生生不息，奥秘就在于此。

植物的繁殖有三大类型：营养繁殖、无性生殖和有性生殖。

营养繁殖是指植物营养体某一部分和母体分离（或不分离），而直接产生新个体的繁殖方式。自然界中存在着各种各样的营养繁殖。在低等植物中没有根、茎、叶的分化，营养繁殖可以由藻体、菌丝体部分断裂，轻而易举的完成；高等植物的营养繁殖则是由从母体上断裂下来的器官来完成的，番薯的块根，竹、马铃薯、蒜的根状茎、块茎、鳞茎，山药、蒜的珠芽，落地生根的叶片，在适宜的自然条件下都可以生根发芽，繁殖新个体。

随着生物工程和园艺学的发展，人工的繁殖方法越来越多，扦插、嫁接、压条、植物组织和细胞原生质体培养都属于营养繁殖。因为营养繁殖一般不会使母体的遗传性状有明显改变，因而被作为保存优良品种的有效方法而广泛被科研和生产所采用。

生殖是指通过无性或有性细胞进行的繁殖，比营养繁殖可以一次产生更多的后代，但可能会使母体的遗传性状有所改变。生殖有两种类型：无性生殖是在个体上产生一些叫孢子的无性生殖细胞，由孢子直接发育成新个体；有性生殖是产生一类叫配子的生殖细胞，配子须经过有性的结合过程（受精）形成合子（或受精卵），再由合子或受精卵发育成新个体。有性生殖过程中两性细胞的结合为遗传物质的交换等变化提供了可能性，生物物种因此而进化发展，所以在植物界中比较进化的类型都是以有性生殖作为主要的繁殖方式。有性生殖有同配生殖、异配生殖和卵式生殖三种类型；卵式生殖的雄配子（精子）与雌配子（卵）差别很大，是有性生殖的高级类型。发展到被子植物，不仅其两性配子在花中得到完善的保护，其受精卵也在种子和果实的双层保护下顺利的发育，这也是被子植物能够成为当今最繁茂的陆生植物的原因之一。

11．千呼万唤始出来

——花的形成

许多动物甚至早在胚胎中就已形成了生殖器官，而植物则不同，在个体发育过程中植物体首先要经过一定时期的营养生长之后才能产生生殖器官。被子植物的花是配子体寄生，完成有性生殖过程和果实、种子发育的场所，它的产生不但需要经过营养生长积累充足的营养物质基础，而且要有适宜的光照、温度条件，要求条件十分严格，实在不易，真可谓“千呼万唤始出来”。

不同植物成花所需的条件有所不同。有些植物需要每天光照长于一定时间（称为长日照植物），有些则需每天接受短于一定时间的光照（称为短日照植物），需要连续处理一段时间，这种处理叫做光周期诱导。光周期诱导是绝大多数植物成花的必需条件。除了这种诱导外，许多植物还需经过一定时间的低温处理，叫做“春化作用”。利用科学研究的成果，人们已经可以有效地控制多种植物的开花时间，秋菊春开，夏荷冬放在园艺学上已经不是什么难题了。

花和花序都是由花芽变化发育成的，而花芽则是由营养芽转化而成的，芽是接受成花诱导的最终部位。从形态上看，营养芽上原本只有发生叶子的原基，但接受诱导后会迅速出现原基花或花序原基，这个过程叫做成花转化。一般认为，感受春化的直接部位就是芽，而感受光周期诱导的直接部位是叶片，由叶片上产生一种“成花素”，运送到芽中起作用。但这些成花素到底是什么，春化作用的机理又如何都尚未搞清。总之，成花机理还是未解之谜，尚需从生理、遗传和分子生物学等方面进行艰苦的研究。

形态解剖学研究发现，具有花序的植物一般是首先形成花序原基，再由花序上产生花原基。花序上花原基的发育顺序也不同，顶端先产生花原基的将来花序顶端或中央的花先开，形成有限花序；而基部先产生花原基的一般是基部的花先开，而花序顶端则仍可保留有分生组织，花序可以有有限的伸长，这种花序称为无限花序。在一朵花中，一般是由外向里发育，先产生花萼、花瓣原基，再产生雄蕊、雌蕊原基。但这也只是一般规律，花和花序的形态有时相当复杂，很难按以上方法归类。

12. 草木有本心，何求美人折

——花的形态结构和功能

在被子植物的所有器官中，花是最令人瞩目的。那些欣赏不尽的春兰秋菊，夏荷冬梅，或姹紫嫣红，或幽香清远，引得古今中外多少文人墨客大发诗兴。甚至更有人以为花天生就是美艳动人，是上帝造来装点人类生活的。但科学研究的結果却告诉我们真正的自然奥秘。

花的形态和结构变化多样，但基本结构相似，是由花柄、花托和着生在花托上的花萼、花冠、雄蕊、雌蕊构成的。具有以上各部分的花叫做完全花（如月季、牡丹等）；缺少花萼、花冠的花叫无被花（如杨树的花），一朵花中既有雄蕊又有雌蕊叫两性花，缺少雄蕊或雌蕊的即为单性花（雌花或雄花）。从形态上看，若一朵花的形态可以有多个对称面，即称之为辐射对称的花（整齐花），若只有一个对称面则称为两侧对称的花（不整齐花）。花可以单个着生于枝顶（如玉兰）或叶腋，也可以集生成各种各样的花序。有些植物的花序形状规则，其中的花排列紧密（如菊花、大丽花等菊科植物的头状花序），常被人们误认为一朵花；有些植物花或花序小而不明显，而周围的苞片或总苞片却大而艳丽（如一品红和马蹄莲等），也常被人误认为是一朵花。

一般来说，虫媒传粉的植物的花或大而艳丽或小而芳香，而风媒传粉的

则多是又小又多很不显著。所以美丽悦目并非普遍规律，自然界中多数植物的花的确是不那么美丽动人的。这是植物对自然环境适应的结果。

花肩负着繁殖的重任，传宗接代是她们的主要任务，因此她必须适应其生存的环境条件，努力提高传粉授精的效率，这就使花的形态和结构发生了千姿百态、巧夺天工的变化，唇形花的花冠是一个前端唇裂的筒，当蜜蜂钻进去采蜜时，杠杆一样的雌蕊被踩住一端，另一端的柱头即接触到蜜蜂腿上的花粉，由此提高了传粉的效率，这样的例子还有很多。

花是被子植物特有的结构，由于其变化多样但却具有种内的稳定性，所以成为被子植物分类所依据的重要特征。虽然在植物的进化过程中花是如何演变来的这个问题还有争论，但对其在个体发育中的来源大家已有共识，即：花是一个变态的枝条，枝条上的节间缩短，叶片变态为花被和雄蕊、心皮，其主要功能是繁殖，有性生殖过程就在花中的某些花器官上发生（这些过程包括大小孢子产生，雌雄配子体发育，传粉及受精，胚胎、种子和果实的早期发育等）。所以说，无论从形态、结构、功能等方面分析，花都不是像根、茎、叶等器官那样简单。花是一种复杂的复合器官。

13. 彩球传情

——从传粉到受精

在我国古代和现在的一些少数民族地区，妙龄姑娘选择意中人用的是搭彩楼，抛彩球的办法，由此曾引出许多动人的故事和传说。但是这种方法的“发明专利”却应该属于一些古老的种子植物，因为早在3亿多年前的古生代泥盆纪可能就开始这样做了。

种子植物的“彩球”就是花粉粒，与人类的习惯相反，花粉粒这种“彩球”是由“新郎”抛给“新娘”的。当植物的生殖器官发育成熟时，在孢子囊（这时被称为花粉囊或花药）内由小孢子母细胞经减数分裂产生小孢子，小孢子细胞向外分泌出由纤维素和孢粉素构成的厚壁，就形成了单枝花粉。单枝花粉（小孢子）进一步发育成雄配子体。种子植物的雌雄配子体都相当简化（结构比较复杂的雄配子体只有几个细胞，而雌配子体也只有几千个细胞），而且多数情况下不能独立生活，只能寄生在孢子体花药（小孢子囊）和胚珠（大孢子囊）中；只是“彩球”——花粉有些例外，它们在发育到一定时期被抛出花粉囊之外，经历千辛万苦，飘飘荡荡，才落到意中的花柱柱头（或胚珠）上，这个抛接的过程的植物学术语叫“传粉”。

花粉粒的外形千姿百态，玲珑剔透，非常美观，而且色彩鲜艳。这主要归功于它的外壁。在扫描电子显微镜下可见到其外壁上有各式各样的精巧花纹，萌发孔（或沟）均匀地装点其间，比人造的彩球要漂亮许多。花粉不仅美丽，其重要的科研价值和经济价值也越来越引起人们的注意。花粉研究现在已形成了一个专门的分支学科——孢粉学，通过研究各种花粉的形态和孢粉组合，去分析生态、地理、气候环境，寻找石油矿藏，甚至帮助公安人员破案。另外，花粉的营养价值高，是新型的保健食品。

传粉的方式也有多种。根据传媒不同可分为风媒传粉和虫媒传粉；根据花柱上能接受的花粉不同可分为自花传粉、异花传粉等等。裸子植物的胚珠裸露，传来的花粉可直接落到胚珠中；而被子植物有了真正的花，胚珠被包在子房中，所以花粉先落在柱头上，花粉萌发长出花粉管，这些花粉管中只有少数有亲合性的才能进入柱头，沿花柱组织向前生长直到把精子送入胚囊（雌配子体）和卵受精。这又是一个漫长的过程，比如玉米的花粉管要在其

花柱中跋涉 30—40 厘米。可见从传粉到受精，花粉真是历经磨难，九死一生。

传粉和花粉管的出现是植物系统进化的一次革命性飞跃，标志着种子植物的有性生殖过程脱离了水的束缚，从而完全适应了陆生生活。而被子植物更采取了卵和极核同时受精的“双受精”方式，传粉过程也在进化中变得更加复杂有效，种子又受到了果实的庇护，繁殖效率更高，成为广袤陆地上占统治地位的绿色植物。

14. 默默无闻的“第二植物”

——植物的配子体

说起植物的配子体，许多人感到陌生，怎么也想不到多数植物活一辈子竟要有两种植物体。弄清这个问题还要从生活史说起。

我们把一种生物从它生命的某个阶段开始，经过一系列发育过程后又回到该阶段的这一个循环，叫做它的生活史，又叫生活周期。比如人，从婴儿降生时起，经过幼年、少年、青年后又生儿育女，这个过程为一个生活世代。如果一种生物进行有性生殖，它的生活史中就一定包含两个重要步骤：减数分裂和受精作用，这两种过程使细胞的染色体倍性由双倍变为单倍又由单倍变回双倍。这种核相的交替变化使生物的生活史分为四种类型：1. 只有营养繁殖，而没有有性生殖和核相交替的类型，如：原核生物及一些低等动植物。2. 整个生活史中只有一个二倍体生物体，二倍体减数分裂后直接形成配子，立即进行受精形成合子，合子再发育成新的二倍体，人和其他高等动物，某些藻类植物都属于这种类型。3. 整个生活史中只有一个单倍体，直接产生配子，受精卵立即进行减数分裂，如：真菌和某些藻类植物。4. 整个生活史中有两个生物体，即孢子体（二倍体）和配子体（单倍体）所有高等植物，少数低等植物具有这种生活史。

所以，配子体在植物界是普遍存在的，它们之所以会成为默默无闻的“第二植物”，一方面是由于它们一般没有很大的经济价值，与人类生活的关系远远不如孢子体那样密切。另一方面，是因为其本身变化多端，不易被人们认识。其实我们常见的苔藓植物就是其配子体，它们的孢子体（即从茎枝顶上伸出的蒴柄和孢蒴）不能独立生活，终生寄生在下面的配子体上。蕨类植物的孢子体和配子体虽然都能独立生活，但其配子体远远小于孢子体，结构和形态都比较简单；我们常见的是生在阴蔽林下潮湿地面上的心脏形叶状体（特称原叶体），一般大小不超过 1 厘米，当然偶尔也会有像角蕨那样大到三四十厘米的大型原叶体；在异型孢子小的蕨类中，其配子体更加简化到由少数细胞构成，只能在显微镜或放大镜下才能看到。种子植物的配子体更加简化而孢子体更加发达，配子体已离不开孢子体，只有寄生在孢子体才能生活；其中雄配子体即花粉粒（以及后来伸出来的花粉管），雌配子即胚囊，分别寄生在花药、花柱和胚珠中；这是适应陆生环境的一种进化现象。在一些低等植物（像一种海洋里生长的绿藻——石莼）中，还可能有孢子体和配子体同型的情况，它们在形态上、结构上完全一致；要想判断谁是配子体只有通过研究其生活史或是其细胞的染色体倍数才能搞清楚。

15. “招蜂引蝶”的秘密

——浅谈植物的传粉

盛开的鲜花旁总少不了蜂缠蝶绕，好不热闹；浪漫的人们会以为花儿耐不住寂寞，果真如此吗？

其实，大自然中许多美景都和动植物繁殖后代有关；孔雀开屏，艳丽无

比，那是为了吸引雌孔雀前来交配；同样，植物虽无知觉，但经过长期地演变和自然选择，也能吸引昆虫来为之传粉。

传粉就是通过各种方式将花粉从雄蕊上传送到雌蕊柱头上面，是下一步受精的前提。雄蕊的花粉落到同一朵花的柱头上面叫自花传粉，落到另外一朵花的柱头上称异花传粉，异花传粉又分为同株异花传粉和异株异花传粉；顾名思义，异株异花传粉就是不同植株之间进行异花传粉，因为它有利于杂交，所以是自然界最进化的传粉方式。

但是众所周知，植物是固着生长无法移动的，无法主动的传粉，如何实现异花传粉呢？大自然的植物千姿百态，实现传粉的方式也是多姿多彩，充分体现了植物的适应性，归纳起来主要有虫媒、风媒、水媒、鸟媒。

最引人注目，最为大家所熟悉的的就是虫媒花了。为了吸引昆虫，花儿如桃花、杏花、莲花、兰花、菊花、牡丹、芍药等，张开鲜艳的花瓣，散发出芳香的气味，蜜腺分泌出甜甜的花蜜；同时从视角、嗅觉、味觉上给昆虫以刺激和吸引，在这方面无论是平凡的桃李还是清高的幽兰都怀有相同的目的，真正孤芳自赏的花儿是没有的。当蜜蜂、蝴蝶等各种小昆虫顺着清香的吸引，一朵花又一朵花的采集花蜜或取食花粉时，也帮助植物完成了传粉的任务。

虫媒花在外形上千娇百媚，花粉的结构也高度适合昆虫的携带，体积较大，表面粗糙，具有突起或刺，有的粘着成块，易于附着在昆虫体上，便于携带。

相对来说，风媒花就很朴素、本分了，因其求助于风，所以无需艳丽的外表、迷虫的气味了，相反为了便于风媒，许多植物不具花被，其花粉也光滑、干燥、轻便、量多，便于被风吹送。

水媒是一些长在水中的植物的传播方式，如金鱼藻。

传说中的青鸟常为人们传送爱情信息，而蜂鸟就是鸟媒花的青鸟；它小巧如蜂，有细长的喙，主要靠吸花蜜生活，从而帮助植物传粉。

说到这儿，大家肯定已经明白了花儿“招蜂引蝶”的秘密了吧？

16. 五谷杂粮保健康

——禾本科分类与经济价值

随着世界经济的发展和观念的更新，人们越来越注重自身的健康和长寿，在饮食上也从只吃精粮、细粮转向吃五谷杂粮以获得更丰富、更全面的营养。

那么，五谷杂粮究竟指的是哪几种粮食呢？其实对此并没有多么精确的定义，一般指除稻以外的五种粮食作物，包括小麦、玉米、高粱、黍、粟。这五种在分类上都属于单子叶植物的禾本科。

根据目前观点，禾本科分为5个亚科，竹亚科、稻亚科、早熟禾亚科、画眉草亚科、黍亚科。

稻当然属于稻亚科的稻属了，是我国南方最主要的粮食作物。

小麦属于早熟禾亚科，按栽培季节不同分为春小麦和冬小麦，是我国北方主要粮食作物。这两种庄稼大家太熟悉了，所以不多介绍。

五谷中的其余四谷都在黍亚科。

黍，这种粮食南方的人们很少见到，因为它主要生长在华北干旱山区，是山西雁北地区的主粮之一。它外形有些像稻子，不过小穗一束束地又多又蓬松，成熟时沉甸甸地垂下来，黄橙橙地很好看，用它碾出的米做饭，嚼起

来很筋道。

玉米，大家最熟悉不过了，它的名字也最多，有苞米、玉蜀黍、棒子、苞谷等，它营养丰富，生命力强、产量高，是华北和东北主要粮食作物之一。高粱主要产于东北，电影《红高粱》就是以北方某地区为外景地，高粱米不仅营养丰富，还能舒筋活血，高粱叶是有名的青饲料，高粱杆一般被老百姓们用来铺在房顶的瓦下面，使得房子冬暖夏凉。另外它还能用来编制席子。粟，又称谷子和小米，小米饭和南瓜汤养育了英勇善战的红军，今天也养育着华北和西北地区的百姓。

除了五谷杂粮外，禾本科内还含有许多著名的中药，如白茅、薏苡、淡竹叶、大米草、浮小麦（瘪麦子）等，多用来利尿、清热、解毒。

禾本科的庄稼养育着我们人类，禾本科的牧草也养育着成群的牛羊，禾本科著名的牧草有老芒麦、披碱草、羊草、赖草、纤毛鹅观草、冰草、星星草、画眉草等，它们是家畜、家禽们的“五谷杂粮”

总之，作为地球上包含植物数量最多的一个科，禾本科对于我们人类的贡献是任何别的植物都无法相比的。想想能使我们健康生存的五谷杂粮，我们养牲畜的牧草，还有我们喝的中药，甚至我们夏天睡觉的席子、躺的竹椅，你就会觉得下面这句话一点也不过分，如果没有禾本科植物，就没有我们人类。

17. 无心插柳柳成荫 ——谈植物的营养繁殖

“有心栽花花不开，无心插柳柳成荫”，常用来比喻有心追求的得不到，得到的却是让人意外或以前没注意没留心的。这同时也说明了花的难栽和柳的易活的特点。

“栽花”和“插柳”都是利用植物的营养繁殖的特性来培育植物的手段。何谓营养繁殖？和动物一样，植物也有专门的繁殖器官，即花、果实和种子；而根、茎、叶是植物的营养器官，自然界中的许多植物，可以在其营养器官上形成不定根和不定芽，进而形成新植株而达到繁殖的目的；这就是营养繁殖（图4）。

营养繁殖在自然界中几乎到处可见，而且非常多姿多彩。走过草坪你可以看到狗牙根的匍匐茎四向蔓延，节上生根，顶上出芽，繁殖很快，草莓也能这样进行繁殖（图5），竹林里那雨后的春笋是老竹根状茎——竹鞭上长出的新芽，亭亭玉立的荷花往往也由莲的根状茎——藕上长出，这些植物的根状茎和匍匐茎的节上都能长出不定根，节上的腋芽可长出新的枝条，或出新一代植株，至于马铃薯、蒜、百合、慈菇用块茎繁殖的事实，不说大家也熟悉。

最精彩的营养繁殖方式要数落地生根了，每一片健康的叶子边缘都能生根发芽（图6），飘落的叶子实际上是新生命的载体。

这方面的例子不胜枚举，都是自然情况下植物靠自身进行营养繁殖，所以称自然营养繁殖，而“栽花”和“插柳”之类，因为有了人的参与，所以是人工的营养繁殖，也是人们在生产实践中对植物营养繁殖的自觉运用。

要说最为人们所熟悉的当数扦插、压条和嫁接了，后二者在果树培养中常用。柳条是最易扦插成活的，因为它极易生根。传说古时有人得了一件宝物，路上有强盗追赶，他跑到一座山上，将宝物埋好，并插了根柳条作记号，然后继续逃命。一年后，当他返回山上寻找宝物时，却发现已满山绿柳，宝

贝难寻了，他只好怅然而归。这传说和“无心插柳柳成荫”的谚语如出一辙，都说明了柳营养繁殖之易，其实不仅柳树，桑树和悬铃木（俗称法桐）也有此特点；而油桐、油茶、苹果、梨、梅、杏等却不易生根，极难成活，在生产上常用VB₁和生长素浸润插条。

看来，只要我们认清了植物的生活需要和生理特点，按客观规律办事，无论是有心栽花，还是无心插柳都能成功。

18. 植物界的“大熊猫”

——我国的活化石植物

提起大熊猫，人们都知道，在世界上，它是仅存在于我国的珍贵的子遗动物，是动物界活着的化石。不过，大家是否知道，在植物界也有这样的活化石呢？

在地质史上，自中生代以来，冰川几乎毁灭了地球上的一切生命，但由于我国的山脉多呈东西走向，起了阻碍冰川的作用，因此许多珍稀的植物得以幸免于灾难而存活绵延至今。其中有古老的被子植物水青树、云叶、紫荆叶和珙珙，它们生长在四川的峨眉山、贵州梵净山和湖南的湘西山区；还有裸子植物中银杏、水杉、银杉；这几种植物的野生种仅在我国独存，是地地道道的植物界的“大熊猫”。

最为大家所熟悉的活化石植物大概要数银杏了。它属于裸子植物的银杏纲。这一纲仅包括一目一科一属一种，一种植物独占分类系统中的一纲，足见其在系统发育中的地位。它是中生代的子遗珍贵树种，在侏罗纪达到极盛，那时候地球上几乎到处是银杏，而且种类很多，后来，由于第四纪冰川的侵入，使欧美等地的银杏全部灭绝，仅我国和日本存活一种，就是现在的银杏。

银杏，一般都长在古代的寺庙内，非常高大，树形也特别美丽，许多公园都将它作为观赏树和行道树；它的叶子像一把把小扇子，又像鸭掌，所以又称鸭脚树；它的种子成熟时橙黄如杏，所以在《本草纲目》中称之为银杏。它的种子有三层种皮，外种皮白色肉质，可以吃，中种皮是硬的，如桃、杏的核，内种皮是一层淡红的膜，从表面看特别像被子植物的果实，所以人们称之为白果，将银杏称之为白果树，实际上这三层种皮都是由珠被发育而成，和被子植物那由子房壁发育而成的果皮不是一回事。白果仁可作中药，能润肺、止咳、平喘，治疗肺结核。

银杏树龄可达两三千年，人称“公公种树，孙子收实”，所以又名公孙树。山东莒县定林寺有一株老银杏，据树下石碑记述为春秋鲁国栽种，树龄有2500年，几乎是我们民族文明史的一半，这是世界上最大的银杏。

水杉、银杉、云叶、紫荆叶、珙珙等由于篇幅所限，不一一介绍，不过它们同银杏一样，也是我们的国宝，我国人民将像爱护大熊猫一样爱护它们。

19. 古代植物学巨著

——李时珍的《本草纲目》

一提起李时珍的《本草纲目》，人们习惯地认为它是一部古代的医学巨著，可你是否知道这部书在我国植物学上的重要地位？

我国人民为了寻找食物和治病的药草，不断地和植物打交道，并将所得经验记录成书，从后汉的《神农本草经》一直到明代，几乎每个朝代都有自己的本草。历代的医生和农学家们都为此付出了辛勤的劳动，李时珍是他们

的杰出代表。

李时珍出生于明代一个中医世家，他青年时期就已经是一个当地有名的医生。当时的医生给病人开药方依据的还是上一朝代的旧的本草经，李时珍在行医时发现旧本草中对许多植物的药效、产地记载与实际大有出入，分类、品种、药名也较混乱，另外许多药用价值很高的植物，书中却无记载。具有高度责任感的李时珍立志要写一本新的本草，给医生们提供一个更准确的依据。

然而，这谈何容易！为了完成这个宏愿，李时珍博览了历代的本草、药书；为了采集各种植物标本；他的足迹几乎踏遍了全国的山山水水，真正做到了行万里路，读万卷书。整整 27 年，这本书才写完，李时珍几乎为之付出了毕生的心血。

为什么说《本草纲目》是一本植物学巨著呢？首先，它收集植物种类之多是前所未有，共 1195 种，另外，对旧本草中的药名、种名和产地的错误，一一加以订正。对每种植物，从外部形态、生长习性、产地，到药用价值及炮制方法都有详细的描述，许多植物还配有插图。这本书对我国植物分类学的发展也做出了重要贡献。它将植物分为草、谷、菜、果、木五部，每一部又各有详细分类，如草部根据环境不同又分为山草、芳草、湿草、青草、蔓草、水草等 11 类；木部下分乔木、藤木、灌木等 6 类。虽然仍是从实用、生长环境和植物习性来分，但和前人相比，已经大大前进了一步，特别乔木、灌木之分，一直沿用至今。

不仅如此，《本草纲目》对世界植物学的发展也做出了重要贡献。第一次传到国外是由波兰人博伊姆译成拉丁文，取名《中国植物志》，于 1659 年出版，对当时欧洲植物学发展影响很大。因此它也是我们民族的自豪。

李时珍和他的《本草纲目》一起在我国和世界的植物学、医学发展史上留下了光辉的一页。

20. 俏也不争春，只把春来报 ——梅花的种类

从古至今，赞美梅花的诗词数不胜数，有的歌颂它的丰姿，有的吟诵它的清香，有的感叹它不畏严寒、迎雪怒放的性格，可你知道自然界中有几种梅花吗？

自然界中叫梅花的植物实在太多了，它们在分类上并不属于一个科一个目，外部形态也千差万别，我们只介绍常见的几种。

最不畏严寒、开花最早的要数蜡梅（又叫腊梅）了。和多数梅花不同，腊梅属于腊梅科，它的花瓣金黄，是蜡质的；在系统发育中，它还处于比较原始的地位，花的各部分呈螺旋状排列，有多数的雌蕊。

画家们最喜欢描绘的、诗人和歌唱家所歌颂的，也是人们比较熟悉的梅花是蔷薇科李属的梅，它还叫干枝梅、酸梅、红梅、白梅等，它是一种可高达 10 米的乔木，开白色或淡红色的花，全国都有分布。这种植物的花不仅美丽，和根一样还能活血解毒，它的果实——梅子味道也美，入药能收敛止痢，解热镇咳、驱虫；而且它木质优良坚硬，可用来雕刻，做算盘珠等。

除此之外，蔷薇科常见的梅花还有珍珠梅、绣线梅、白鹃梅、水杨梅、金露梅（又叫金蜡梅）、榆叶梅等，这些植物都有蔷薇科的共同特征，但分属不同的属，外形和产地也各不相同，下面简单介绍一二。

珍珠梅，是灌木，开白色小花，圆锥花序，四季开花，分布很广。一般

种为观赏植物。

绣线梅，灌木，高约2米，开特别小的白花，直径才5毫米，分布在云贵四川一带。

白鹃梅，灌木，开白花，分布于江浙一带。

水杨梅，是一种小草，多年生，开黄色小花，广布于各地路旁沟边和山坡上，根及茎可入药，有行气止痛之效。

金露梅和小叶金露梅，不用说开金色花，是一种较矮小的灌木，长在高山顶灌丛中，各地都有分布，它不仅花美丽，叶还可以作茶叶用。

另外，还有一些叫梅的植物，如金缕梅等，既非腊梅科，也非蔷薇科，只因花和梅花相似而得名。

这些种类繁多的梅，不仅把自然界妆扮得更美丽，还有很多实用价值，所以它们不仅值得诗人们歌咏，更值得植物学工作者去研究。

21. 梧桐叶一落，天下尽知秋

——浅谈植物的落叶

梧桐树在我国人民的心目中似乎是一种有灵气和感觉的神秘的植物，因为能灵敏地感受到季节的变化，到了立秋的这一天，它必落一叶，对秋天的到来比气象预报员还敏感，所以人们都说“桐叶知秋”

其实，不仅桐叶知秋，所有的植物对于季节的变化都比人和动物敏感（当然，温室里的植物除外），众所周知，植物并无神经系统和专门的感觉器官，它是如何感觉秋季来临并按时落叶的呢？

首先要知道落叶的根本原因，春夏两季，气候温暖，雨水充足，是植物生长旺季。入秋以后，果实和种子都成熟了，对于多年生植物来说，一个生长季就完成了。为了减少能量损失，顺利度过寒冷干燥的冬季，植物一般是停止生长，将叶子脱落，进入休眠以待来春。

那些不畏严寒，四季常青的松、杉、柏等，在人们印象中，似乎不落叶，其实不然，落叶是植物对环境的适应，对多年生植物来说是必然的；不过，这些植物之所以常绿，那是因为它们的老叶是在新叶萌发之后，渐渐地、悄悄落下的。只要您看过松林中厚厚的松针就知道了。

为什么秋天的黄叶能轻易脱落而不损伤主干？这要归因于叶柄基部的离层，离层是由几层特别的分生细胞组成，早在脱落前已形成，分布于叶柄、花柄、果柄基部，但长期潜伏。秋季来临，植物受光信号的刺激，脱落酸的分泌增加，从而使离层细胞衰退，变得中空而脆弱，风雨稍一吹打，就彼此分离。这样不仅使叶子顺利落下，不损伤原来的组织，还可保护新暴露的组织。

那么，促使植物落叶的直接原因是什么？由夏入秋，气候的变化主要有两点：一是温度下降，二是光照时间变短。是低温促使落叶吗？实验证明低温下延长光照时间，会大大延迟植物的落叶。另外，早春的气温有时比晚秋还低，而植物不仅不会落叶却能长新叶，这说明低温不是关键因素，而是光照时间的日渐缩短直接促使植物落叶。不知你是否注意到，街道路灯旁的树比远离路灯的树落叶时间要晚得多。

看来，梧桐树的“灵气”也不神秘啊！

22. 停车坐爱枫林晚，霜叶红于二月花

——谈谈常见的红叶

一提起红叶，大家就会想到北京的香山和如火似霞的晚秋的枫林；枫叶

如此鲜艳和美丽，再加上诗人杜牧的著名诗句“停车坐爱枫林晚，霜叶红于二月花”，使得人们形成这样一种观念，红叶就是枫叶。不过，到了秋天，有些植物的叶子之红决不逊于枫树，那么常见的红叶有哪几种呢？

枫，属于槭科的槭属。这个属的植物在全世界有 200 多种，我国有 150 种，主要分布于南方，多为乔木。这个属的大部分植物的叶子到秋季会变红或橙黄。枫树是它们中的代表，它学名是茶叶槭，主要分布于我国黄河流域、长江下游及东北、朝鲜、日本，除了作为观赏树外，它的叶子和树皮可提栲胶和做黑色染料，嫩叶可代茶叶用，茎皮纤维提供人造棉和造纸的原料，种子油能制肥皂。可谓是一种既美观又实用的植物。

香山红叶中有一多半是黄栌，它是漆树科的，漆树科和槭树科同属无患子目，因这科代表植物漆树的汁液是做油漆的重要原料而得名。黄栌也是高大的乔木，它的叶子是圆形或卵形的，在我国分布于西南、华北和浙江一带，长在海拔 600—1500 米的向阳山地中，它的叶子可提制栲胶，木材可提炼黄色染料，枝及叶入药，能消炎、清湿热。它有一变种叫毛黄栌。这两种树入秋以后，叶子之红决不亚于枫树。

漆树科著名的红叶植物除黄栌和毛黄栌外，还有和漆树同属的盐肤木，主要分布在南方，它有奇数羽状复叶，到秋天红得十分美丽；另一种就是火炬树，树形高大美丽，奇数羽状的复叶，到秋天，满树通红如火炬一般，这种植物近年才从日本引种到我国。

卫矛科的卫矛，是一种灌木，自长江中、下游各省至吉林广泛分布；到秋天树叶红时，如同火焰一般。

叶子到秋天变红，是因为落叶前叶绿素分解，而糖分含量相对增高，所以绿色褪尽，红色显出。

有些植物因为叶子糖分含量高，叶子的红色盖过叶绿素的颜色，所以叶子从刚长出到落下一直是红的，如红叶李、红叶小檗等，一般公园里都用它们作观赏植物。

秋天是看万山红遍，层林尽染的好时节，不过，知道了上面几种植物后，你还会将枫叶和红叶划等号吗？

23. “流血”的植物

——谈谈植物的乳汁

一提起“血肉之躯”，人们总是联想到人和高等动物，而植物枝干在多数人的印象中既麻木又坚硬，哪会“流血”呢？其实，在植物学工作者眼里，植物和动物一样也是“血肉之躯”，只不过它的“血”的成份、颜色及循环不同于动物罢了。

植物中执行造“血”功能的不是什么专门的器官，而是植物的分泌组织。根据其分泌物是保留在植物体内部还是分泌到体外，常把分泌组织分成两大类；外部的分泌结构和内部的分泌结构。

外部的分泌结构中，如蜜腺之类，它当然起不了造“血”的功能，最多只能比作哺乳动物的皮脂腺。

分泌细胞是单个存在的内部分泌结构，它的分泌物就保存在本细胞内，如樟脑油、玉兰油等；丹宁、粘液、酶等，因为它们的分泌物无法流动，所以也称不上植物的“血”。

分泌腔和分泌道是较大的内部分泌结构，虽然这一类分泌结构较为复杂，但终究比不上有些植物的乳汁管。

当有些植物如蕃薯、某些菊科植物被折断或被伤害时，常看到白色、或褐色的、黑色的粘稠的液体流出来，迅速封住断口或伤口，然后凝固；这一点多像动物的血液。这是由植物体内的乳汁管分泌出的。乳汁管分为有节乳汁管和无节乳汁管。无节乳汁管是由幼胚中一个细胞发育而来，伴随着种子萌发、植物生成而长大、分枝，贯穿于整个植物体中，成为一巨大多核细胞。有节乳汁管由多个细胞发育而来，成熟以后也有多个细胞组成，这些细胞呈圆柱形，在植物体内呈纵行分布，细胞间的壁相互溶解打通，形成一个连续贯通的管道，在植物体内形成一个庞大的网状系统；这不像人体中由血管和淋巴管组成的复杂的循环系统吗？

动物血液的成份是血浆和血细胞，那乳汁的成份又是什么呢？

不同的植物成份不同，有些是代谢的废物，有些是贮存的养份。比较常见的成份有橡胶，如三叶橡胶树、橡皮树和橡胶草，它们的乳汁是天然橡胶的重要来源，它对于人类的意义当然不必多言了。此外，乳汁中还有植物碱、糖类、蜡质、蛋白质、酶、结晶体、丹宁和淀粉等。

知道了植物中还有如此庞大而复杂的“循环系统”，我们还能认为植物麻木迟钝吗？又怎能不承认植物是血肉之躯呢？

24. 独木成林话榕树

——浅谈植物的气生根

“独木不成林”这个常识可以说是妇孺皆知，可是当你来到西双版纳或其他热带地区，看到巨大的榕树时，你就不能不承认这句古老的谚语失之片面了。

因为常常是你以为走进了一片幽静的小树林，来到中央看见了最粗壮的主干，再抬头看看浑然一体的巨大的树冠，才明白原来只是一棵树。周围那些“小树”，“树”皮光滑，上面并没有茎节和侧芽，原来，它们只是从上面的大树枝上向下发出的不定根，亦叫气生根。

都知道根是长在地下的，它是植物吸收水分和矿质营养的器官，同时对植物也起着固着作用，可榕树的根为什么会长在地上呢？

原来，自然界里无奇不有，植物的营养器官在特殊的生长环境下，或是有些植物为了适应独特的生存方式，也会发生变态。比如榕树。

榕树的根是一种支持根。这种根的产生跟榕树的生长环境有关，因为榕树生长在高温多雨的热带雨林地区，这里气候适宜，雨水充足，所以树冠生长速度很快，面积迅速增大，而主干的生长显然不能满足支持树冠的需要；所以在一些粗大的树枝上就产生了不定根，向下生长，插入土中，成为支持根，形成辅助根系。树龄越大，支持根的数目就越多，形成“独木成林”的现象是不足为奇的。

不仅榕树上有气生根，一些浅根系的植物，像我们最常见的玉米、高粱，拔节后到抽穗前，在靠近地面的节上常环生出几层有支持作用的气生根来。

(图7)

像榕树、玉米的这种长在空气中的根叫做气生根；气生根还包括攀援根和呼吸根。

至于攀援根，只要观察爬墙虎、常春藤、络石凌霄之类的植物，就能明白它的作用了。

呼吸根是那些生长在沼泽地带的植物，因为生活在淤泥中的根呼吸困难，便有一部分垂直向上生长，暴露在空气中，这种根内部有发达的通气

贮气系统，因而叫呼吸根，如热带海边的红树。

微生物学

25. 致病微生物知多少

——谈病原微生物的类型

大家知道冬天经常会发生流行性感冒，流感病毒是引起感冒的病原微生物。病原微生物是能引起人类疾病的微生物，包括细菌、病毒、立克次体、螺旋体、枝原体、衣原体、放线菌、真菌等，其中以细菌及病毒对人类的危害最大。人类历史上造成空前浩劫的病魔就是由这些病原微生物所引起的。

如 14 世纪的“黑色妖魔”鼠疫病，当时猖獗于欧洲大地，毁灭了不少城市，夺走了 2500 万人的生命，在世界史上留下了阴森恐怖，令人毛骨悚然的一页。1918 年西班牙发生的流行性感冒，很快蔓延到许多国家，死亡人数竟达 2000 多万人，超过了第一次世界大战中死亡的总人数的 3 倍。

在漫长的人类历史中，不仅有鼠疫和流感，还有伤寒、霍乱、白喉、天花和狂犬病等夺去了无数人的生命。由于当时科学技术的水平尚难以揭示这些疾病的奥秘，为了探讨这个秘密，近百年来，无数科学家为之付出了艰辛的工作，甚至牺牲了生命，不仅认识到传染病的罪魁祸首是病原微生物，并且还掌握了一些疾病的治疗和预防的方法。

上述的八类病原微生物，除真菌属于真核细胞，病毒属于非细胞型以外，其他六类微生物属原核生物。

人类病原细菌的基本形态常见有三种，即球状，如葡萄球菌、链球菌等；杆状，如大肠杆菌、痢疾杆菌等；弧状或螺旋状，如霍乱弧菌等。细菌的结构可以分为表面结构、附件与内部结构三大部分。细菌的表面结构有细胞壁及表面粘着物。细胞壁比较坚韧，主要成份为糖肽，对细菌有保护作用，其外层有荚膜和粘液层，从菌体分泌出来后粘附在细胞壁的表面。细菌的附件有鞭毛与菌毛两种，鞭毛是运动器官，菌毛有粘附作用。细菌的内部结构包含有细胞膜、细胞质与核质。有的细菌在一定条件下可以形成芽胞。

病毒是一类比细菌更小的微生物，大小介于 10~300nm（纳米）之间，绝大多数必须在电子显微镜下才能看到。单个病毒颗粒为病毒体。病毒体由核心部分（核酸）和外壳部分（蛋白质）所组成。核酸有核糖核酸（RNA）和脱氧核糖核酸（DNA），但一种病毒仅含有一型核酸，DNA 或 RNA，而不是在同一病毒颗粒内兼有这两型核酸，因此可将病毒分为两大类，即 DNA 病毒和 RNA 病毒。核酸的作用决定着病毒的感染、复制和遗传。外壳部分又称为衣壳，主要有保护的功能，保护核酸免遭核酸酶的伤害。病毒的外形常见有砖形（痘病毒等）、棒状（狂犬病病毒等）、球形（绝大多数病毒为球形，如脊髓灰质炎病毒）。

病原微生物可通过不同的途径进行传播，常见的途径有接触传播、呼吸道传播、虫媒传播等。病原微生物的传播与其毒力、侵入门户、数量的多少有关。病原微生物的致病性以细菌为例大致包括对体表的吸附、穿入细胞、体内扩散、对抗宿主的防御功能和对宿主造成损伤等步骤。病原菌可以通过两种方式表现出对宿主的伤害作用。一是细菌作为异物抗原引起免疫反应而导致组织损伤；二是细菌产生毒素。细菌产生的毒素有内毒素和外毒素两大类，外毒素是病原菌分泌到体外的一种毒性很强的蛋白质，内毒素是细菌细胞壁的成份，只有细菌死亡或解体后才游离出来，其化学成份主要是脂类、多糖与蛋白质的复合物，毒性一般较弱。由外毒素引起的疾病有破伤风、白

喉、菌痢、霍乱等。由内毒素引起的疾病很多，如伤寒、脑膜炎、尿路感染等。

26. 名贵中药与美味佳肴的宝库

——真菌

全世界的真菌大约有 25 万种，是一个十分庞大的家族，就其种类和数量来说，可谓是微生物之冠。真菌作为一类微生物资源，它蕴藏着巨大的应用价值。

如果告诉你在农贸市场购买的香菇、蘑菇、木耳就是真菌类微生物，你可能会感到意外，但这确实是真的。目前在真菌中已发现能食用的品种有 30 多个。筵席上因营养丰富、并以美味脍炙人口的猴头、口蘑等，它们是深山老林和塞外草原的特产。这类真菌由于体型比较大而被人们称为大型真菌。常见的食用真菌有蘑菇、香菇、木耳、银耳、牛肝菌、竹荪、黄耳等，这些食用菌不仅味道鲜美，而且营养价值丰富，就说最常见的蘑菇，它含有 4% 的蛋白质，含有多种维生素，特别是 B 族和 C 族维生素的含量很高。由于野生菌产量有限，有些食用菌已能够大量人工培养，来满足人们的需要，如木耳、银耳、香菇、平菇和灵芝等。

真菌同时又是名贵、珍奇中药的宝库。如名贵中药冬虫夏草具有保肺、益肾、止血、化痰、镇静、催眠、杀菌等许多功效，它是一种子囊菌的杰作，这种菌在早期侵入蝙蝠蛾的幼虫体内，并在幼虫体内大量繁殖，菌丝充满整个虫体，使幼虫死亡。冬季幼虫的尸体埋在土内，直到次年春季，这种真菌又从幼虫头部长出子实体，形状像草，冬虫夏草的名字就是这样来的。其实虫是蝙蝠蛾的幼虫，草是真菌的子实体，猪苓是担子菌中的一种多孔菌的菌核，外表多为棕色或黑褐色，很像猪粪，故又叫野猪粪，它的形状又似茯苓，所以又叫猪苓，它对治疗淋疾、水肿、大便秘结和糖尿病均有明显疗效，从猪苓中提出的抗癌药物——猪苓多糖，显示了强有力的抗癌作用。传说中可以“起死回生”的仙药灵芝草（灵芝），其实不是草，而是一种真菌。早在两千年以前我们的祖先就已经用来入药。当然说它可以起死回生、长生不老是不科学的，但它对治疗冠心病、慢性肝炎、慢性支气管炎、溃疡病等疗效显著。

在真菌家族中有药用价值的还有很多，常见的还有银耳、蝉花（一种真菌寄生在蝉若虫体内）、茯苓、牛肝菌、马勃菌等。利用真菌菌体治疗疾病日益受到人们的重视，如山西著名的中成药“舒筋散”主要是用当地台菇、白乳菇制成的。利用野生真菌鬼毛针发酵制成的成药，可治疗多种神经痛和风湿性关节炎。

然而人们对这类微生物的经济价值还远远没有引起足够重视，随着这类微生物的深入研究，将为人类提供更多更好的中药和美味佳肴。

27. 借鸡生蛋

——病毒的繁殖

病毒是一类专性寄生、不能离开活细胞生存、并赋有高度侵染性、体积微小的非细胞结构的（蛋白质包裹的核酸颗粒）微生物。它仅能在合适的活细胞中依靠宿主细胞供应养料和能量才能进行复制和增殖。也就是说，一个含有遗传物质的病毒颗粒在寄主体外时像“死”的一样。可是一旦进入寄主，它就可以大显身手，指挥寄主细胞内原有的各种机器和库存原料来复制自己。不同的病毒指挥宿主细胞为自己服务“招数”是不尽相同的，虽然它们

的花样繁多，但侵染、复制的特点是相同的，都是借宿主的“鸡”，生自己的“蛋”。

人及动物病毒的增殖表现出一步生长曲线。当病毒进入细胞内起始一段时间内（数分钟至数小时），病毒脱壳，游离出的核酸而不具有完整的病毒体，因此检测不出感染的病毒颗粒，这一时期为隐蔽期。当隐蔽期终结后（约数小时），开始出现新的病毒个体，并逐渐增多，到了增殖期。此后，新的病毒在细胞内越积越多，到了累积期，此时，病毒体数目达到最大值。

病毒从进入细胞至发育成熟全过程，分以下几步进行。

（1）吸附：吸附是病毒粒子通过扩散和分子运动粘附在寄主细胞表面的现象。这是病毒进入细胞内增殖所需的第一步。病毒吸附细胞是因为易感的细胞表面上有特定的受体，而病毒体表面又有与该受体亲合的物质。如人的肠上皮细胞及中枢神经细胞表面都有特殊的脂蛋白，是脊髓灰质炎病毒的受体。

（2）侵入和脱壳：不同的病毒颗粒侵入寄主细胞内的方式不同。大部分噬菌体通过注射机制将核酸注入细胞内。如大肠杆菌 T₄ 噬菌体。植物病毒通常由咬食植物的昆虫感染，从植物的创伤部位侵入，并通过导管和筛管等组织传布至整个植株。动物病毒进入寄主细胞较为简单。对动物细胞来讲，当外来颗粒与动物细胞相接触时，细胞一种自然反应是把颗粒包进去。病毒进入细胞后脱去蛋白质外壳而释放出病毒核酸，病毒核酸立即进入细胞核或细胞浆内。

（3）控制宿主细胞进行生物合成：病毒颗粒一旦进入寄主细胞并完成脱壳以后，病毒要施展一切伎俩，把原来寄主细胞的正常生活扰乱，夺取寄主原来合成本身需要的生物大分子（如核酸、蛋白质）的机器（如合成核酸的复制酶、合成蛋白质的核糖体等），为合成病毒的核酸和蛋白服务，并利用原来寄主合成这些生物大分子的原料来合成病毒繁殖所需的物质——蛋白质、核酸。

（4）病毒体的装配和释放：装配是病毒核酸和病毒蛋白质在被感染的细胞内组合成子代病毒粒子的过程。释放则是病毒粒子从感染细胞内转移到外界的过程。病毒体指挥宿主细胞为自己工作，合成出了形成新的子代病毒体所必需的物质，这时细胞内病毒核酸和蛋白质就聚集组合成有特定结构的完整病毒颗粒，此时病毒就业已成熟，由一个病毒体形成数量颇多的病毒体，它就从宿主细胞中释放出来，再进入其它细胞，又重新增殖，扩大侵害。

28. 基因工程的好帮手

——大肠杆菌

基因工程，也称遗传工程，是 70 年代的一门新兴边缘科学，是分子遗传学的新领域。这项技术就是从供体生物提取所需的基因（也就是 DNA 片段），与载体重组后引入受体生物，从而改变受体生物遗传特性的一种技术。由于基因工程能有目的、有计划地进行，并且供体生物和受体生物之间的亲缘关系可以很远，因此是一种培养优良品种的良好手段。

基因工程的操作技术主要分为以下几个步骤：（1）分离基因，分别提取供体细胞的 DNA 和作载体用的细菌质粒、噬菌体或病毒；（2）体外重组，对目的基因和作为载体的质粒用同一类限制内切酶处理，让它们产生相同的粘性末端；（3）重组 DNA 分子，用限制性内切酶处理过的目的基因和质粒在较低温度下（3~6℃）混合，退火，以完成目的基因和质粒的 DNA 重组，得到

的是环状的 DNA 分子；(4) 将重组 DNA 分子引入受体细胞，由于细菌易于繁殖，培养容易，所以一般以细菌作为受体细胞，大肠杆菌又是其中较为重要的，基因工程中常常请它帮忙，协助我们以得到期望的结果。

大肠杆菌是研究分子遗传学的主要菌种。这一菌种包含有不同的生物型和血清型，它是肠杆菌科 (Enterobacteriaceae) 的埃希氏菌属 (Escherichia) 的细菌。它的形状为杆状，通常为 $0.5 \times 1 \sim 3$ 微米。单生、对生或短串生，周生鞭毛，游动或者不游动，产生或不产生纤毛。许多小种产生荚膜或类似微荚膜。大肠杆菌的染色体是单一的双股 DNA 分子，约 $1000 \sim 1300$ 微米长，直径 20 埃，分子量 2.5×10^9 道尔顿，约含有 3.2×10^6 个碱基对，染色体上可带有 3000 个左右的基因。目前人们对大肠杆菌的研究是十分透彻的，以便更好地为人类服务。

人类在大肠杆菌的帮助下，基因工程无论在生产实践上，还是理论研究方面都取得了卓越成就。

1973 年美国斯坦福大学医学院的科恩 (S. N. Cohen) 等人和旧金山大学医学院的波伊尔 (H. W. Boyer) 等人报告，将大肠杆菌中两种不同特性的质粒片断粘结在一起，然后把这种体外重组的杂种质粒转移到大肠杆菌细胞中，结果杂种质粒可以自我复制，并能表达两种亲本质粒的遗传信息，这是遗传工程实验的首次成功。

1977 年 5 月，美加州大学将大鼠胰岛素基因转移到大肠杆菌中。虽未能实现功能表达，但为细菌生产胰岛素打下了良好的基础。

1977 年，美国立医学中心与加州大学合作，第一次用大肠杆菌生产出生长激素释放抑制因子的动物激素。这种物质从羊脑垂体中提取，50 万头羊中只能提取 5 毫克，如今只需 10 升发酵液就可获得同样产量。

1978 年 6 月，美国吉尔伯特 (Gilbert) 研究组将大鼠的胰岛素基因插入到产生青霉素酶的大肠杆菌的质粒 DNA 链中，再转入其他大肠杆菌中，结果后者产生了大鼠的胰岛素。

1978 年 9 月，美加州大学一研究组将人胰岛素 A、B 链的基因分别插入到质粒上，然后与乳糖操纵子调节机构一起转移到大肠杆菌中，生成了胰岛素 A、B 链。

1980 年 7 月，日本科学家谷口维绍宣布他和美哈佛大学合作，通过遗传工程，从大肠杆菌中生产出了干扰素。

1980 年法国科学家从乙型肝炎病毒分离出它的表面抗原基因，并使它和大肠杆菌的质粒 DNA 重组入大肠杆菌中，结果获得了功能性表达，这种表面抗原是一种蛋白质，可用来制造乙肝疫苗。

29. 细菌的天敌

——噬菌体

噬菌体是 1915 年托特 (F. W. Twort) 及 1917 年德爱莱尔 (F. d'Herelle) 分别发现的，它们是以细菌为宿主的一类病毒。“bacteriophage” (噬菌体) 由德爱莱尔所命名，意为细菌的噬食者。可见噬菌体与细菌是一对冤家对头。

噬菌体这类病毒与动、植物病毒有共同的基本特征，个体小，可以通过细菌滤器，没有细胞结构，为非细胞态的生命体，由蛋白质外壳和包含于其中的核酸组成，不具有独立酶系，不能进行代谢活动，感染细菌后利用宿主的 RNA 聚合酶进行转录，利用宿主菌的核糖体和转移核糖核酸 (t-RNA) 进行转译和合成。其增殖的方式是按照核酸的复制、转录、蛋白质的合成、装配、

释放的方式进行的，且必须在活的宿主细胞内进行。

噬菌体的种类很多，几乎所有种类的细菌都发现有它们不止一种的噬菌体。噬菌体分布极广，土壤、空气、水中或生物体内都可存在。

在电子显微镜下观察噬菌体，可以发现不同的形态，它们大多数与动、植物病毒不同，一般是有头和尾结构的复合形式。复合形态的噬菌体的头部为一立方对称的多面体，头壳及尾鞘均由一定数目的壳粒组成，壳粒呈有规则的顺序排列，构成噬菌体的一定的几何形状。头壳对包在其中的遗传物质——核酸起保护作用，尾部为感染细菌时的吸附器官。

噬菌体的活动，对人类来讲，就已了解的是利少害多。噬菌体的污染在发酵工业中是普遍存在的，自从 1933 年发现丙酮、丁醇发酵生产中有噬菌体后，在发酵工业中普遍存在噬菌体的危害，尤其在谷氨酸、酶制剂、抗生素、有机溶剂、微生物杀虫剂、干酪和酸乳生产中，噬菌体的污染会造成严重损失。人们在生产活动中想出了一些办法来对付噬菌体的危害，比如采用抗噬菌体菌株，加强预防措施等来预防噬菌体的危害。另外噬菌体是研究分子生物学比较理想的材料。

30. 植物患病的秘密

——植物病原微生物

如果说植物也会生病，或许你不相信，但这的确是真实的，而且植物病害往往使农作物受到严重的损失，给人类带来危害。比如 1845 年左右，爱尔兰岛上的马铃薯受到了晚疫病（由马铃薯晚疫病菌引起）最严重的摧残，马铃薯是当地居民的最主要粮食来源，结果造成约 100 万人在饥荒中死亡。1879 年由于葡萄霜霉病（病原菌为葡萄生单轴霉菌，为防治此病而发明波尔多液）的大流行，毁灭了全法国的葡萄，从而使法国的酿酒业一度停产。

植物的病原微生物种类很多，在自然界中分布广泛，能引起植物生病的有病毒、细菌、真菌等。如引起烟草花叶病的是烟草花叶病毒，能引起水稻恶苗病的是赤霉菌，而禾柄锈菌能引起小麦秆锈病等。一般情况下，植物体内的寄生菌为真菌，但由于植物病毒一般十分微小，由它们引起的植物病毒病尚无良策对付，因而给农业造成严重损失。比如从 1936 年起，非洲加纳的可可树因被可可树肿枝病毒病感染而生病，而且来势凶猛，蔓延很快，到 1944 年遍布加纳全国。此后又蔓延到尼日利亚、多哥、象牙海岸等国家。这显示了植物病毒病的传染性。植物病毒病的另一特点是爆发性，如柑桔衰退病是一种病毒病，据报道，单在巴西圣保罗州，此病暴发时就使 600 万株甜橙死亡。就粮食作物而言，小麦、大麦、水稻、高粱等均能受到多种病毒的侵染。

病毒是一种没有细胞结构，只含有 DNA 或 RNA 一种核酸，只能在特定的寄主细胞内生活繁殖的生命体。根据植物病毒核酸的不同，可以将植物病毒分成四种，即双链 DNA 病毒（ds—DNA）、单链 DNA 病毒（ss—DNA），双链 RNA 病毒（ds—RNA）和单链 RNA 病毒（ss—RNA）。

植物的双链 DNA 病毒为数不多。1960 年首次报道了椰菜花叶病毒后，近几十年来又报道了约 4~5 种植物的双链 DNA 病毒。单链 DNA 病毒含有两种大小相似的单链 DNA 组份，称这种植物病毒为双联病毒。双联病毒是病毒家族中最年轻的成员，它直到 1978 年才为人们所承认。1981 年龚祖坝等发现我国第一例双联病毒——烟草曲叶病毒，从而填补了我国在植物病毒研究中的空白。双链 RNA 植物病毒为数不多，其结构类似动物的呼肠孤病毒。大多数植物病毒为单链 RNA 病毒，其典型代表是烟草花叶病毒。

自发现植物病毒是植物病害的病源以来，人们一直在寻找消灭和限制这一病毒的方法，以减少作物的损失。关于植物病毒病的治疗，目前较有成效的是热疗法，一般水热在 55℃ 时很多植物会被杀死，故常用的方法是气热 35~40℃，如将葡萄蔓放在 38℃ 的人工气候箱内 30 分钟可除去扇叶病毒。另外还可以利用茎尖培养来获得无毒种苗，在防治马铃薯、甘蔗、苹果、柑桔、葡萄及一些观赏植物的病毒病上采用茎尖培养获得较大成绩。最近将热处理和茎尖培养技术结合起来，从而更加容易获得无毒种苗，以避免植物病毒的危害。

31. 弗来明教授培养基中的不速之客

——青霉素的发现

青霉素，旧称盘尼西林。近几十年来一直是临床上应用最主要的抗菌素之一，因为它疗效显著，对革兰氏阳性细菌，以及某些革兰氏阴性细菌、螺旋体及放线菌均有强大的抗菌作用，在临床上用于治疗葡萄球菌感染症如脑膜炎、化脓症、骨髓炎等，溶血性链球菌传染病如腹膜炎、产褥热、肺炎、淋病、梅毒、炭疽等有良好的效果。由此也可见青霉素在医疗上的重要作用，提起青霉素的发现历史，还有一段有趣的故事。

1929 年英国微生物学家弗来明 (A. Fleming) 教授进行一次培养葡萄球菌的实验中，空气中飘游的点青霉偶然落到了培养葡萄球菌的培养皿中，他发现这个青霉菌落周围的葡萄球菌都不再生长了，感到很奇怪。经过仔细观察后发现，葡萄球菌不能生长是由于点青霉 (*Penicillium notatum*) 产生的代谢产物对其抑制的结果，从而发现了青霉素。青霉素刚发现的时候，并未引起人们的足够重视，甚至有人认为青霉素质性质不稳定，没有什么价值，不值得投入资金深入研究。

就这样 10 多年过去了，直到 1940 年由弗洛里 (H. W. Florey) 等人在英国重新对点青霉产生的青霉素进行研究，生产出了干燥的制品，经过一系列的生物学实验，肯定了青霉素的医疗价值。当时正值第二次世界大战，英国停止了青霉素的研究试制。1941 年 7 月，弗洛里等携带点青霉菌种来到美国访问、游说，得到了美国北部地区研究所的支持，使研究工作得以进行下去。由于当时是战争非常时期，生产秘密进行，产量很低，产品由美国政府分配给军队使用，取得了良好的治疗效果，从而导致了 1943 年美国中部伯利汉城的医院里出现了病人与死神进行搏斗而又夺取伟大胜利的奇迹。

由于当时唯一能和病菌作战的有效药物是磺胺药，虽然能起着重要作用，但对一些能引起败血症、心包炎等疾病的病原菌面前无能为力。1943 年初春，在伯利汉城的美国陆军医院里，医生把少许淡黄色青霉素粉末溶解于生理盐水中，一滴一滴注入 19 名已经竭尽全力抢救无效、濒临死亡的病人的静脉中，结果奇迹般地治愈 12 人。于是点青霉被喻为“神药”，轰动了医学界，从此也开创了抗生素医疗应用的新纪元。

由于青霉素在临床上的卓越疗效，从 40 年代起，抗生素就成为科学家探讨的新领域，发展迅速，取得了巨大的成就。40 年代中期以后，从放线菌、细菌和真菌中先后发现了 5500 多种抗生素，其中半数以上为放线菌所产生。由于这些抗菌素中的绝大部分对人体都有毒害作用，所以正在试制和生产的也不过百余种，临床上应用的不过 100 种，经常使用的仅有 50 余种。

青霉素在临床上效果显著，它是怎样战胜病菌的呢？通过科学家研究发现，青霉素对微生物的细胞壁合成有抑制作用。由于细菌的细胞壁合成受到

抑制，细菌的抗渗透压能力降低，引起菌体变形，破裂死亡。青霉素干扰细胞壁形成主要是粘肽合成的最后一步，即转肽作用。由于青霉素与催化转肽反应的酶结合，因而抑制了转肽作用，致使粘肽最后不能形成，从而抑制了细菌细胞壁的合成。

32. 细菌的“外衣”

——细胞壁

细菌细胞是由细胞壁、细胞膜、细胞质和细胞核等构成。在细胞质里有内含物、核糖体等构造，这些是几乎所有细菌都具有的结构，为细菌的基本结构。有的细菌除基本结构以外，还有一些特殊的结构，例如有的细菌在细胞壁外有鞭毛、纤毛、性纤毛、荚膜或粘液层等，在这里给大家介绍一下细菌的外衣——细胞壁。

细菌一般都具有细胞壁，它是包围在细菌最外面的一层结构，比较坚韧，且具有高度的弹性。细胞壁生物学功能是维持细菌的形状，免受由于渗透作用过度而将细菌胀破。若将细菌放在高渗溶液中，细胞膜会发生皱缩，但坚韧的细胞壁仍维持原形。细菌之所以能呈现出球状、杆状等多种形状，主要是靠坚韧的细胞壁维持的。若将细菌用溶菌酶处理，除去细胞壁，并投入低渗溶液，没有细胞壁的细菌将吸水过度而破裂。

细胞壁上有许多小孔，可允许核苷酸那样大小的可溶性分子自由通过，故它可与细胞膜一起来完成细胞内外物质交换。细胞壁是鞭毛伸出的支柱点，也是细菌表面抗原的所在地。

细胞壁的化学成分相当复杂，由一些化学成分不同的物质组成，这些物质主要是糖肽、磷壁酸、脂多糖、脂质、蛋白质等。细菌根据革兰氏染色可以分为阳性菌和阴性菌两大类。这两类细菌细胞壁的成分差别较大，主要表现在：（1）革兰氏阳性菌的细胞壁含有的氨基酸的种类较少，不存在芳香族的和含硫的氨基酸及脯氨酸、组氨酸、精氨酸；而革兰氏阴性菌则含有较多种类的氨基酸，包括芳香族氨基酸和含硫氨基酸、组氨酸、精氨酸和脯氨酸。

（2）革兰氏阴性菌胞壁的类型含量比阳性菌较多。另外二者都有糖肽（肽聚糖）。

糖肽（肽聚糖）为聚合物，细菌的坚韧性主要与糖肽有关。糖肽由一些不同种类的亚基构成，其中包括：（1）N—乙酰氨基葡萄糖；（2）N—乙酰胞壁酸；（3）短肽主要是四肽，如大肠杆菌的四肽是由L—丙氨酸、D—谷氨酸、二氨基庚二酸和D—丙氨酸。N—乙酰氨基葡萄糖和N—乙酰胞壁酸通过一种叫做—1,4—糖苷键的相互交替连接成聚糖链，而短肽以肽键与N—乙酰胞壁酸中的乳酰基团相连。此外短肽之间又有肽键或短肽链相连，如大肠杆菌以肽链中的第四个氨基酸丙氨酸与相邻肽链中的第三个氨基酸二氨基庚二酸，以肽链相连，这样，肽聚糖分子相成纵横交叉的一个网状结构。肽聚糖中的任何键断裂，都有可能使肽聚糖对细菌的保护作用丧失。革兰氏阳性菌细胞壁较厚，由多层糖肽交叉连接。如枯草杆菌由约20层糖肽组成。革兰氏阴性菌的细胞壁中糖肽较薄，很少超过细胞壁的5—10%，往往只有单层糖肽，多糖链间也无大量交叉。

对细菌的细胞壁有了以上了解，我们就比较容易理解青霉素和溶菌酶等对细菌作用的机理，青霉素有抑菌作用是因为青霉素能干扰短肽间肽键形成，不能形成细胞壁；而溶菌酶作用机理是使肽聚糖中的糖苷键断裂，破坏细胞壁，造成细菌抗渗透压能力降低，引起菌体变形、破裂而死亡。

33. 细菌的“化妆品”

——染色剂

细菌通常是微小而且透明的，在显微镜下观察它们主要是靠细菌的折光率与周围环境不同，但它们的折光率和周围环境相差不大，因此在普通光学显微镜下很难观察到，不合作常规的细菌学观察。若能给细菌染色，使细菌与环境形成鲜明对比，这样即使在光学显微镜下也能很好地观察细菌。

细菌染色技术是由柯赫 (Robert Koch, 1843—1910) 创造的。1875 年德国病毒学家和组织学家魏革尔特 (Weigert), 1845—1904) 首先采用苯胺染色剂染细菌。其后柯赫设计了细菌染色技术。他将细菌涂抹在盖玻上使之成为薄层，凉干后在乙醇内固定，再用各种染色剂如甲基紫 B5、复红和苯胺棕溶液染色。柯赫也是第一个给细菌鞭毛染色的人。目前常用的细菌鞭毛染色技术和柯赫的方法基本相同。从此以后，细菌染色成为研究细菌的一个得力武器。

在柯赫实验室工作的埃里赫 (Ehrich 1881) 用甲基蓝染细菌。他还在甲基紫或复红中加入苯胺油染肺病菌以加强其染色强度，经染色的细菌虽用 30% 硝酸处理也不脱色，因此他称这类细菌为固酸细菌。在 Ehrich 固酸染色的基础上，齐埃尔 (Ziehl) 用石炭酸代替苯胺油和尼尔逊 (Neelson) 用硫酸代替硝酸，称为齐埃尔—尼尔逊 (Ziehl—Neelson) 染色液，用来染细菌。丹麦病理学家革兰姆 (Gram) 为组织内细菌染色而发明革兰氏染色法。目前革兰氏染色法是细菌学上最常用的染色法。此法可将细菌分为革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌，在鉴别细菌上有重要意义。

革兰氏染色的具体方法是，把细菌涂片后，涂片先用结晶紫染色，随后再用后碘液作为媒染剂帮助结晶紫结合到细菌上，然后用 95% 的乙醇脱色，最后用番红复染。凡是不能被脱色剂脱去结晶紫的细菌，呈蓝紫色，称为革兰氏阳性菌。凡是被脱色剂脱去结晶紫，而呈现复染剂颜色的细菌称为革兰氏阴性菌。

革兰氏染色法将细菌分为两类，这不仅在鉴别细菌上有意义，而且在识别细菌的其它特性，如对抗生素、结晶紫的敏感性，以及细菌的等电点都有重要意义。

微生物染色剂是一种染色用的有机化合物。普遍采用的染色剂多为苯的衍生物，统称为煤焦油染色剂，包括苯胺染色剂。在染色剂的苯环上带有色基或助色基。羧基与氨基等基团为助色基。硝基 (—

NO₂) 与偶氨基 (—N=N—) 等为色基。色基能使一个化合物具有颜色，但此化合物不一定是染料，它与被染物无亲和力，二者容易分开，所以还必须有助色基。助色基并不显示颜色，它本身能解离。解离后的染料可与被染物结合，使被染物着色。据助色基团解离后的带电荷情况，可将染料分成酸性和碱性染料两类。

酸性染色剂电离后分子带负电荷 (如酸性品红)，碱性染色剂解离后分子带正电荷 (如碱性品红)。酸性和碱性染料都用来染各种微生物。酸性染料主要染细胞质，碱性染料主要染核和异染粒等细胞结构。细菌染色剂通常为碱性染料。

这样就可以根据不同的需要，给细菌适当的“化妆品”染色后，就有利于对细菌进行观察、研究。

34. 抗生素的宝库

——放线菌

提起放线菌，大家可能感到陌生，其实我们大家都同它们打过交道。当你抓起一把泥土闻一下可能会感到特殊的泥土气息，这是由一类比细菌高级一点的放线菌产生的。因最早发现的放线菌菌落呈辐射状，所以称它们为放线菌。它们大多数为腐生菌，少数为寄生菌。放线菌主要生活在土壤中，特别是偏碱的土壤中。

放线菌最重要的经济价值是它们产生的抗生素能有效地防治人类和其他生物的危害，特别是细菌性病害及农作物的某些病害。放线菌的种类不多，但对人类的贡献是非常大的。据统计，从微生物中先后记述了 5500 种以上的抗生素，其中 4000 多种为放线菌产生。目前用于临床的几十种抗生素，绝大多数是由放线菌产生的。

我们熟悉的对治疗肺结核病非常有效的链霉素，是由一种叫灰色链丝菌的放线菌产生的。对防止烧伤病人致病感染的有单孢菌产生的庆大霉素和由小金色放线菌产生的春雷霉素。从山东济南土壤中找到的一种放线菌可以产生创新霉素，它最适宜治疗大肠杆菌所引起的各种感染。由龟裂链丝菌产生的金霉素和四环素，委内瑞拉链丝菌产生的氯霉素以及其他一些放线菌产生的抗菌素可以用来治疗许多疾病。因为这些抗菌素能抑制和杀灭多种病原菌，所以又有广谱抗菌素之称。由红链丝菌产生的万古霉素常常使使用其他抗菌素医治无效的疾病患者化险为夷，转危为安。由放线菌产生的克念霉素、制霉素，能抑制致病的真菌。放线菌产生的抗癌抗菌素，如放线菌 H₂₇₆₀ 菌株产生的自力霉素，放线菌 72 号菌株产生的争光霉素，以及放线菌 684 菌株中产生的光辉霉素，在临床上使用已取得了一定的疗效。除前面提到的一些抗生素，放线菌还产生如卡那霉素、螺旋霉素等比较重要的抗生素。

放线菌所产生的抗生素不仅可以用来防治动物病害，也可用来防治植物病害。如采用春雷霉素来治疗稻瘟病，井冈霉素来防治烟草赤斑病，5406 防治土壤寄生真菌等诱发的病害，均取得良好成果，它们在防治农作物病害方面起到了越来越重要的作用。

放线菌在自然界的分布极为广泛，土壤、大气和食物中都有，尤其在土壤内，无论是种类和数量都最多。放线菌的菌体为单细胞，最简单的为棒状或有原始菌丝。放线菌能产生孢子、分生孢子、粉孢子和孢囊孢子。孢子通常有很厚的孢子壁，能保护孢子不受外界恶劣条件的损害。放线菌的种类不同，孢子的形状和颜色也不一样，有的像球形，有的像枣状，有的表面光滑，有的表面粗糙，有的还有小刺和鞭毛。孢子是放线菌传种接代的主要部分。离开菌体的孢子可很长时间不死，遇到适宜条件发芽形成新的菌丝体。在发酵工业中应用的放线菌都是利用它们的孢子来保存菌种。

放线菌的菌落具有丰富多彩的色泽，主要是由于各种颜色的孢子造成的。另外，它还产生一些色素，用放线菌产生的色素作为食品添加剂，不仅使食品色泽漂亮，而且还具有较高的营养价值。

35. 农作物的“营养师”

——土壤微生物

俗话说“万物土中生”，这是不无道理的。虽然对微生物来说，天涯海角到处都为家，但是聚集最多的地方还是土壤里。据估计，在 1 克土壤中就有数亿个微生物，即使在荒无人烟的沙漠，1 克沙土中也有十多万微生物存在。

微生物喜欢土壤，是因为土壤可以为它们提供一个舒适的生活环境，土壤中的动、植物残体和各种无机物质可供它们食用。土壤中又含有水和空气，可以满足微生物“喝水”和“吸气”，同时土壤深层是一个恒温世界，四季温度变化不大，适合它们生长。

微生物在土壤中可不是“贪吃懒做”的寄生虫，它们在默默地工作，不知疲倦地为人类做贡献，为绿色植物生产可口的“食物”。

植物进行光合作用需要二氧化碳，而二氧化碳在空气中含量只有 0.03%，地球上的植物每年大约要从空气中吸收 600 亿吨二氧化碳，大约相当于 200 亿吨碳，而整个自然界的碳统加在一起大约不过 20 万亿吨。如果没有源源不断的补充，只够植物利用 1000 年。然而千百年来还没有因缺少二氧化碳而使植物饿死的现象。原来土壤中的微生物在分解利用有机物时产生大量的二氧化碳并输送到大气中去。地球上大约有 90% 的二氧化碳是由微生物产生的，从而保证有足够的二氧化碳供植物之需。

再来看看植物生长所需的氮素，土壤中含有丰富的有机物质，它们大多不溶于水，不能为植物利用。空气中有 4/5 是氮气，但植物对空气中的氮也是望氮兴叹，不能利用，还是微生物帮了植物的忙，土壤中有一类微生物，它能固定空气中的氮气以供植物利用，这一类为固氮菌。土壤中还有一些微生物具有把有机氮转变成无机氮的本领。土壤中的微生物并不是对植物都友好，有一种叫反硝化细菌的，会把硝酸盐还原为亚硝酸、氨、直至氮气，从而降低土壤肥力。这些菌是兼性厌氧菌，保持土壤良好的通气条件，可以抑制反硝化作用的发生。

土壤中通常含有较多的磷素成分，它们以不溶于水的磷酸盐和复杂的有机磷化合物形式存在，植物不能利用。土壤中微生物在生命活动中产生许多有机酸，有机酸能使磷酸钙变成水溶的磷酸盐。同时微生物还能将动、植物残体中的有机磷变成无机磷供植物利用。钾在土壤中含量很大，主要存在于难溶性的硅酸盐中，植物不能利用，也是在微生物作用下才变成可供植物利用的可溶性钾盐。土壤中的微生物还能对硫元素的各种形式化合物进行转换，以供植物生长之需。

由此可见，生活在土壤中的微生物，是植物的营养师，为植物做了美味佳肴，促进了植物生长发充育。

36. 眼睛的敌人

——沙眼衣原体

如果不讲卫生，经常用脏手去揉眼睛，人们的眼睛就可能会发红、怕光、遇风流泪。若去找医生，大夫会告诉你患了沙眼病，并会给你开一点氯霉素、红霉素、利福平等滴眼液。这是因为用脏手揉眼睛感染了沙眼衣原体的缘故。

沙眼衣原体最早由我国学者汤飞凡等利用鸡胚培养法得到的，他分离出的 TE₅₅ 沙眼衣原体毒株，一向被作为国际标准株。沙眼衣原体的成功分离，大大推动了对沙眼的科学研究工作。这也是近代我国科学工作者在微生物学上的突出贡献之一。

衣原体在分类地位上处于立克茨体与病毒之间。它们的繁殖方式有独特的模式，衣原体的发育周期可以分成吸附、初次重组、繁殖分裂和再次重组四个阶段。沙眼衣原体同其它衣原体一样，在宿主细胞内的发育周期中包括原体、始体两种基本结构。原体为细小颗粒，直径在 200~300 毫微米。在光学显微镜下可以勉强观察到。始体为较大圆形颗粒，直径约在 800~1200 毫

微米。

沙眼衣原体除能引起沙眼外，还能引起其他多种疾病。现已知新生儿不少疾病是衣原体感染引起的，如新生儿的包涵体结膜炎、肺炎、分泌性中耳炎、鼻炎、鼻咽阻塞及女婴阴道炎等。这些新生儿疾患多是婴儿出生时接触被衣原体感染的产道所致。在成年女性中，还可以导致宫颈炎、输卵管炎、盆腔炎等，此外还可以引起非细菌性的膀胱炎、直肠炎及淋巴肉芽肿性病。

沙眼衣原体对眼睛的侵害是引沙眼和包涵结合膜炎。主要传播途径是手指或与被侵染物接触，所以我们要保持个人卫生，不用脏手去揉眼睛和别人共用盆具。沙眼病表现为进展性结合膜炎，主要为眼睑的充血、渗出、滤泡性肥大，环绕眼的组织造成伤害，可能发展成为目盲。可见它对眼睛的危害还是比较严重的。

即使患了沙眼也不必害怕，红霉素、利福平、磺胺等滴眼液对治疗沙眼有效。其实只要注意个人卫生，切断传播途径，是可以有效地预防沙眼病发生的。

37. 细菌性腹泻

——谈肠道微生物引起的急腹症

腹泻是一种夏、秋季的多发病。从腹泻病人的粪便中可以检出几类病原微生物，它可随病人、带菌人或带菌动物的粪便排出体外，污染水源和食物。这类腹泻称之为细菌性腹泻。能引起细菌性腹泻的除有痢疾杆菌、沙门氏菌外，还有弧菌（如副溶血性弧菌、霍乱弧菌）等。那么人类肠道中除了出现这些致病菌，还会不会有其他微生物呢？

其实在人的大肠中有经过胃和小肠消化好的营养物质，又有合适的酸碱度、温度，这里就成了微生物生儿育女、安居乐业的好地方。人的干粪便中约有 4×10^{11} 微生物，占干粪块重量的 40% 左右。可见人肠道中微生物的数量是十分巨大的。

大肠中存在大量的各种微生物，其中有常居肠道的土著居群，也有暂栖的过路菌。在一定时间内结肠可存在几类不同种、型的菌群，如需氧和厌氧乳杆菌、消化链球菌、无色杆菌、消化球菌、双歧杆菌、梭状杆菌、梭形芽苞杆菌，大肠类杆菌、葡萄球菌、粪链球菌、黄色杆菌、放线菌、酵母菌、念球菌、螺形菌、乳酸杆菌等。一些常见的微生物如大肠杆菌、产气杆菌、变形杆菌、绿脓杆菌和其他菌类等，它们世代都生活在大肠中，已经习以为常，被称为人体的正常菌群。当然，这些所谓的正常菌群也是相对的，在一定条件下，这些菌群有些可以使宿主致病。在机体防御机能下降，菌群改变寄居部位及不恰当的抗菌药物治疗等，都有可能引起正常菌群失调，引起维生素缺乏症，同时肠道内不致病的细菌，如大肠杆菌可以引起肠道病变，绿脓杆菌可以引起急性腹泻等。

这些正常菌群并不是白白占据人的肠道，它是人类的好朋友。正常菌群在宿主体内生存和繁殖，在正常情况下能给宿主带来利益，并能防止外来菌的侵袭。正常菌群对宿主的意义归结起来可表现在以下几个方面：一是肠道内的正常菌群是宿主内环境的重要组成部分，对维持组织器官的正常结构和功能有一定意义。二是肠道正常菌群对条件致病菌和致病菌有拮抗作用。痢疾、伤寒和霍乱等肠道传染病都是由于这些病原菌突破了正常菌群的拮抗所致，否则是难以致病的。体内体外实验证明，肠道内的乳酸杆菌有广谱抗菌作用，类杆菌、葡萄球菌和念珠菌都能抑制沙门氏菌生长。肠球菌除能拮抗

贺志氏杆菌外，还能明显地抑制伤寒杆菌和副伤寒杆菌。肠球菌能产生乳酸，使肠道发生自净作用。哺乳婴儿的患病率和死亡率都比人工喂养的婴儿低，其中原因之一就是哺乳婴儿肠内双歧乳杆菌可以产生乳酸和醋酸，降低肠道内的 pH 值及氧化还原电势，从而控制病菌繁殖生长。三是肠道微生物向人类贡献许多具有生物活性的物质，它们分解食物中的氨基酸产生组织胺，具有刺激胃酸分泌的功能，产生的酪胺能使血管收缩、血压升高。特别是正常菌群的微生物能合成足够量的维生素 B₁、B₂、B₁₂、K、生物素、叶酸等，以供机体需要，可见，它们和人类结成了休戚与共的好朋友。

38. 从立克茨之死 ——谈立克茨体

立克茨体是 1909 年立克茨 (H. T. Ricketts 1871—1910) 在研究洛矶山斑疹热而首先发现的这个病原体。次年，他不幸因感染斑疹伤寒而为科学献身。1916 年罗恰—利马 (daRocha—Lima) 首先从斑疹伤寒病人的体虱中找到，并建议取名为普氏立克茨体，以纪念从事斑疹伤寒研究而牺牲的美国科学家立克茨和捷克科学家普若瓦斯克 (Von Prowazek)。1934 年，我国科学工作者谢少文首先应用鸡胚培养立克茨体成功，为人类认识立克茨体做出了重大的贡献。

立克茨体是介于最小细菌和病毒之间的一类独特的微生物，它们的特点之一是多形性，其大小为长 0.3~0.8 微米，宽 0.3~0.5 微米，丝状体长可达 2 微米。一般可在光学显微镜下观察到。立克茨体具有重要性是因为它们能侵染人类，诱发疾病，如洛矶山斑疹伤寒和斑疹伤寒等。

普氏立克茨体是引起流行性斑疹伤寒的病原体。人受感染时，经约 10~14 天的潜伏期，骤然发病，有剧烈头痛、周身头痛和高热，4~7 天后出现皮疹，严重的可为出血性皮疹。有的还可以伴有神经系统、心血管系统等症状和其他实质器官损害。流行性 (欧洲) 斑疹伤寒，在人口密集和介体繁盛的环境内发生严重。当流行时，病人平均死亡率 20%，剧烈时可达 70%。贮藏病原体的脊椎动物为人类，借人虱在人群中传染。

立克茨氏立克茨体是洛矶山斑疹伤寒的病原体。最初发现于美国的洛矶山地区的蒙塔拉州的山谷。病人的死亡率高达 90%。此病分布于北美。它在自然界中寄生于蜱和蝉所寄居的动物体内。人受蜱叮咬而感染。

恙虫病立克茨体是恙虫病 (丛林斑疹伤寒) 的病原体。本病首先在日本发现。目前，我国东南沿海地区和台湾省亦有病例报告。在日本的病人死亡率约有 60%。此病原体由恙螨叮咬侵入人体，随血液扩散至血管内皮细胞中生长，发病。贮藏病原体的动物为野生啮齿动物并借螨传播。

不同的立克茨体能引起不同的疾病。治疗立克茨体病可使用广谱抗生素，且疗效高。用氯霉素治疗恙虫病时，必须连续用药 4 周，否则容易复发。四环素药品也同样有效，同时还可以用来治疗斑疹伤寒等。

和其他疾病一样，立克茨体病是可以预防的。预防这类疾病同其他昆虫传播的疾病一样，首先应对昆虫等中间或储存宿主加以控制和消灭。因病原体分布广泛，媒介昆虫较多，除应采取杀灭鼠群，用杀虫剂控制蚤群外，还应大搞爱国卫生运动，以消灭病原微生物的贮存宿主。

39. 看不见的小生命 ——微生物家族

微生物是存在于自然界中的一类形体微小、构造简单、肉眼看不见的微

小生物的总称。它们的个体都非常微小，必须借助光学显微镜、电子显微镜放大几千倍、几万倍才能看得见。生活在这个微小世界中的小生物并不都是一模一样，而是芸芸众生，各有特色，它们之间的关系错综复杂。它们虽然个体微小，但都具有一定的形态结构，繁殖快，易变异，营养类型多，适应环境能力强等。因此它们在自然界的分布十分广泛，江、河、湖泊、海洋、土壤、空气、垃圾等处都含有数量不等的微生物。就是人类、动、植物的体表及体内都有微生物存在。生活在肠道中的微生物能合成一些维生素，以供宿主利用。牛、羊等反刍动物的胃内由于有能分解纤维素的微生物，才能消化利用纤维素。豆科植物与根瘤菌共生，从而获得氮素营养。

微生物这个家族阵容庞大，为了对这个姿态万千的微生物世界更好地了解，人们把发现的微生物依照它们的形状、生活习性、亲缘关系等，把它们分成许多类，依次为纲、目、科、属、种。下面就来认识一下这个大家族中的一些成员。

(1) 单细胞的细菌：这类微生物结构相当简单，它的整个身体只有一个细胞构成。这一类成员众多，它们的长相各不相同，有的为圆球状，如使脑脊髓膜化脓造成瘫痪或死亡的脑膜炎病，是脑膜炎双球菌造成的。由于它们常常两个两个的菌体连在一起，所以称为双球菌。还有的球菌许多个体连成一串的叫链球菌，它能在人体许多部位产生炎症，如扁桃体炎、中耳炎、鼻窦炎、产褥热、痈、猩红热等。像短棍一样的菌称为杆菌。吃苍蝇叮过的食物可能会拉肚子，是因为痢疾杆菌污染了食物。能引起肺结核、麻风病的细菌也是杆状的。还有的细菌是弯曲的，如霍乱就是由霍乱弧菌引起的。此外，有些细菌像麻花一样，叫螺旋菌，有的长的呈丝状，把它叫丝状菌等。

(2) 丝状的放线菌：菌体为单细胞。最简单的为杆状或有原始菌丝。菌丝有两型，一型为葡萄生的基内菌丝；另一型为直生的气生菌丝。尽管也有少数的放线菌能引起人皮肤、肺部的疾病，但许多放线菌对人类都是功德无量的。能化险为夷、治病救人的抗生素有许多是由它们产生的。如对肺结核病有特效的链霉素是由灰色链丝菌产生的。在福建土壤中分离出的龟裂链丝菌产生的巴龙霉素是治疗阿米巴痢疾和肠炎的特效药。对烧伤病人防止致病菌感染的有小单孢菌产生的庆大霉素和小金色放线菌产生的春雷霉素。此外由龟裂链丝菌产生的土霉素，金色链丝菌产生的金霉素和四环素，委内瑞拉链丝菌产生的氯霉素都是广谱抗菌素。据统计，目前世界上发现的抗菌素有2/3是由放线菌产生的。由此可见，放线菌是抗生素的宝库。

(3) 庞大的真菌家族：这一类之所以叫真菌是因为它们的细胞核有典型的核膜。真菌是一个拥有5万多种小生物的庞大家族。它的许多成员与我们生活有十分密切的联系，如做腐乳、豆豉时利用的是毛霉菌，用曲霉菌来制酱等。第一个利用的抗生素青霉素也是由一种叫青霉的霉菌产生的。但也有一些种类真菌能引起疾病，且难以治愈，常见的许多顽癣就是霉菌引起的。真菌中比较有声望的是酵母菌。日常生活中做馒头、酿啤酒等都是利用它。此外，酵母菌还能为我们生活提供许多有价值的工业产品。

微生物家族成员不仅限于这些，还有最小的成员——病毒等等。如果把芸芸众生的微生物家族依据它们的长相、生活特性、结构特点、亲缘关系可以分成三大类群，由简单到复杂是：非细胞形微生物、原核微生物和真核微生物。

——好热性细菌

如果把手放进 70—80 的水中，会立即缩回来，因为太热了。也许你会问，在这么高的温度中会不会有生物存在呢？回答是肯定的，这就是高温细菌（好热性细菌）。

在一般情况下将能在 55 以上的环境中生长的菌叫好热菌，生长在 55—75 之间的菌叫中度好热菌，生长温度超过 75 以上的好热菌叫高度好热菌。另外把 30 以上环境中不能生长的菌叫好冷菌，其他所有的菌称好温菌。高度好热菌、中度好热菌为好温菌的一部分。

近年来在文献中记载的高度好热菌也不过十余种左右。在这些菌中，属于单纯高度好热菌的有栖热菌属和芽孢杆菌属。栖热菌属细菌是绝对好气的，在半固体中进行穿刺培养时仅在表面生长。栖热菌属的高度好热菌对营养要求很高，在合成培养基上很难培养。黄色栖热菌和嗜热栖热菌中的有些菌株要求生物素和烟酰胺，在有生物素的存在时可以把葡萄糖和氨作为碳源和氮源进行生长。栖热菌属的细菌虽是革兰氏阴性菌，但对抗生素非常敏感，对青霉素、氯霉素、链霉素、红霉素、卡那霉素、短杆菌肽等都非常敏感。

中度好热菌的代表是嗜热脂肪芽孢杆菌，为革兰氏阳性菌，它能在 65 的环境中生长，这个菌还有一个与众不同的性质，即一旦放在常温下培养会很快死亡。

在好热菌中除有一些嗜好高温以外，还有嗜好极端环境的细菌，有的好热菌嗜酸（如酸热芽孢杆菌、嗜酸破火山口菌等），有的嗜碱（如玫瑰红嗜热菌）等。酸热芽孢杆菌能把硫氧化成硫酸，利用氧化时所释放的能量来同化二氧化碳。所以只要有硫存在，即使没有有机物，这种菌也能生长，因而一般认为高温酸性温泉喷出的物质含硫和硫化氢，通过这种菌作用，硫和硫化氢被氧化成硫酸，温泉才变成酸性温泉的。

人们对好热性细菌的研究必将促进人们对它的认识和利用；通过对好热菌进一步认识，必将帮助人类理解生命现象本质。另外，好热菌所产生的耐热酶也有希望能成为化学工业使用的一种新产品，也可能利用它的高度稳定性作为固相化的材料。在发酵工业中，为了控制发酵产热引起的温度上升，需进行冷却，这就需要大量资金，而利用好热性细菌可节约这笔费用。由此可见，对好热性细菌研究、利用必将发展成一个令人眼花缭乱的分支。

41. 食品发酵的多面手

——酵母菌

酵母菌是生物工程的重要材料，与人们的生活关系十分密切。在日常生活中，发面做馒头，烤制味美的面包，酿造可口的美酒，都是利用酵母菌的结果。

酵母菌这一名称来自人们的生活实践，是一个习惯上的名称，而并非分类学名称，它的拉丁名为“Leveré”，英文名为“Yeast”，都有描写发酵时二氧化碳冒出液面的现象。我国称之为“酵母”，意为发酵之母，可见，它与发酵关系是极为密切的。

已知的酵母菌约有 370 种，大多数酵母菌是单细胞，酵母菌的细胞大小，由于种类不同，差异较大，一般长 2~3 微米，有些种长可达 20~50 微米，宽度变化较小，通常为 1~10 微米。

酵母菌的个头虽然很小，但它是微生物家族中很有名望的成员，它对人类的贡献可不小。如若有人消化不良时，吃一点食母生，消化就会得到改善，

食母生就是由酵母菌制作的。酵母菌的应用十分广泛，可用于食品工业和化学工业。我们来看看酵母菌在食品工业上的作用，除了用它发面做馒头，烤制面包外，它还是一位多才多艺的酿造师呢！我国的八大名酒非常有名，这里可是有酵母菌的不少功劳。另外，酵母菌菌体含有丰富的蛋白质、维生素，能制作食物直接供人食用。第一次世界大战期间，德国研究开发食用酵母，当时培养红色酵母蛋白含量很高，压榨后很像牛肉、猪肉，被称为“人造肉”。第二次世界大战爆发后，德国再次生产食用酵母，产量达一万多吨。1943年英国开始生产食用酵母，随后，美国也开始生产食用酵母，并把它混合在国内销售的食品中，以增加食物的营养价值。

酵母菌之所以有这么高的高超本领，多才多艺，这与它的繁殖方式是分不开的。酵母菌主要是通过无性繁殖产生后代的，绝大多数是以芽殖方式进行的。芽殖是无性繁殖的主要方式。此过程是在成熟的酵母菌细胞表面，向外突出形成一个小芽，叫芽体。然后部分核物质和细胞质进入芽体内，液泡也由一个分裂成许多个小的，部分小液泡进入芽体，最后芽体从母细胞得到一套完整的核结构、线粒体、核糖体等。当芽体长到一定程度时，两细胞之间形成横壁，随后脱离母细胞，成为独立的新个体。

酵母菌在自然界中的分布比较广泛，通常分布于含糖量较高和偏酸环境中。如在果实表面及菜园、果园的土壤中可经常找到它们。空气及一般土壤中较少见到。另外，在石油矿及炼油厂附近的土壤里很容易找到石油发酵的各类酵母菌。

42. 与害虫作斗争的同盟军

——昆虫病原微生物

为了农业丰收，人们在防治农业害虫过程中走过了一条漫长曲折的道路。从20世纪40年代就开始使用有机氯和有机汞等大量农药杀灭危害农作物的害虫。到目前，这些化学农药达500多种，年产量达150~200万吨，施用范围日益扩大。随着化学农药的大量使用，它的弊端也逐渐显露出来，化学农药在杀死害虫的同时，也杀死了大量益虫，而且农药残毒在土壤里、水中、生物体内积累、贮存，相互转移，造成严重的世界公害。寻求其他杀灭害虫的方法已成为迫在眉睫的问题，于是人们越来越重视生物防治的方法了，利用微生物防治害虫，不留残毒，又不会使害虫产生抗药性，而且具有杀虫效率高，作用时间长，不受作物生长期限制，还有一年防治，多年有效的优越性。

目前已经发现的昆虫病原微生物有2000多种，它们可以使损坏庄稼的害虫生病死亡。这些微生物活跃在大自然中，成为人类同害虫作斗争的同盟军。在微生物中，作为杀虫剂使用的主要是细菌、病毒和真菌。

细菌中，粪链球菌、产气杆菌等许多种类对鳞翅目害虫都有很强的杀伤能力，但目前使用最多的是芽孢杆菌，其中最为重要的是苏云金芽孢杆菌，它在生长过程中形成具有抵抗力的芽孢，当害虫把它吃进体内后，可破坏虫体肠道。芽孢在虫体内发育，大量繁殖，最后引起害虫全身麻痹，最后因败血症而死亡。苏云金芽孢杆菌对200多种昆虫有不同程度的毒杀效果，有的毒杀效率可在80~100%。

引起昆虫致病的病毒大约有300多种，目前世界上大约有50种病毒用于治虫实验。美国从1970年开始把多角体病毒列入防治棉铃虫计划。日本从1974年开始把赤松毛虫病毒作为正式农药进行注册登记，且大面积应用。我

国自 1963 年在广东首先发现粘虫病毒后，又相继发现了杨天社蛾、棉铃虫、桑毛虫、马尾松毛虫等十几种昆虫病毒。

真菌也是人们和害虫斗争的天然同盟军。在昆虫的各种疾病中，有 60% 是由真菌引起的，能使昆虫患病的真菌约 530 种。但在杀虫中大显身手的是白僵菌，它在世界上分布极广，而且寄生范围也广，能感染的昆虫约 200 种左右。白僵菌能通过昆虫的消化道、呼吸道以及体表部位进行侵染，所以它是“全能攻击手”。害虫被这些菌寄生后，虫体坚硬，体表长有白色菌丝层，这种菌故得名为白僵菌。值得一提的是白僵菌也能感染家蚕，对养蚕业造成危害。家蚕被感染病死后，成为僵蚕。它是一种常见中药，它对脂肪肝、胆固醇、扁桃体炎、腮腺炎有一定的疗效。

43. 犹如孙悟空的法宝

——微生物的变异

所谓微生物变异，通俗地讲就是由于自然条件的改变或者人为因素处理，促使一些微生物在某方面改变了亲代传给它的特征，并且还能把得到了的这种特性传给子代。变异可分为暂时变异和永久变异。暂时变异主要由环境因子控制，生物在某一特殊环境下才发生，当回到正常环境下，发生的变异又会恢复正常。永久变异是由遗传因子控制，是由遗传物质的变化而引起的，变异是永久性的。

暂时变异一般是整个细胞群体的每个细胞都同时发生变化。如大肠杆菌在培养很久的老培养基内变成近似球状的菌，当它回到新鲜的培养基内时，它们又可回到原来的杆状。微生物的永久变异是由突变引起的。在没有人为影响条件下自然发生的突变为自发突变。对细菌永久变异研究表明，每个细菌每一世代突变率为 $10^{-4} \sim 10^{-10}$ ，即 1 万个到每 10 亿个细菌中，只有一个细菌发生突变，可见突变率是极低的。

由于变异是微生物的一种奇妙特征，微生物在自然选择作用下，使它们对自然界有极强的适应能力，可以在其他生物不能生存的环境中安居乐业，有的微生物可在 90 的高温中生活得自由自在，有的则在稀酸水中还习以为常，所以它们在自然界中分布最广，简直无处不在。

那么微生物变异对人类有什么益处和害处呢？在生产实践中，可以迫使微生物发生变异，以获得具有优良特性的变种为人类服务。由于微生物在自然条件下，其自发产生变异率太低，要从千千万万个微生物群体中找出来也极其不易，简直是大海捞针。为了获得高产菌株，便利用微生物易变异的特点，使用强烈的物理因素（如 X—射线、 γ —射线、 α —射线、 β —射线、紫外线等）或化学因素（乙烯亚胺、亚硝基胍、亚硝酸等）对微生物进行处理，强迫它们发生变异，这样人们就可以在较短的时间内获得更多的变异体，从中挑选出所需要的优良变异体。如可使原来吃细粮的微生物改吃粗粮，以达到节约粮食的目的；不耐高温的菌类可使它们适应高温环境，从而解决在大工业生产中的降温问题；通过诱变还可使产量低的菌株，变成产量高的菌株。如在 1943 年，当时利用产黄青霉生产青霉素，在每毫升发酵液里仅有 20 个单位，产量很低，因而价格昂贵。通过几十年来利用紫外线及乙烯亚胺等各种手段诱变异，再加上其他条件的改进，现在应用的变种每毫升发酵液中有几万个单位，大大提高抗菌素的生产水平。链霉素生产菌经变异改造后，今天的产量也比 1945 年提高数百倍。在生产上还可以利用变种来扩大产品的品种，如生产四环素的菌种变异后，有的能生产去甲基四环素，有的能生产

去甲基金霉素等。

因此，利用微生物变异的特性，不仅能提高产量、扩大品种，而且能提高产品质量，简化生产工艺。所以在目前利用微生物的工业生产中，广泛采用变种是一个极其有效的途径。

但也应该看到微生物易于变异给我们带来益处的同时，也给人类带来威胁，有许多有害或致病微生物可突如其来、猖獗一时，为非作歹，给人们防治疾病带来一定的困难。

44．损人利己与相依为命

——趣谈微生物的寄生与共生

土壤、空气和水中广泛分布的微生物相互之间，微生物与动、植物之间并不是老死不相往来的，而是有着千丝万缕的关系，它们相互联系、相互依赖，又相互制约。总的来说，这些关系可以概括为互生、共生、拮抗和寄生关系。这里我们只谈谈寄生与共生现象。

一种生物侵入另一生物体内获取自己生长所需的营养物质，进行生长、繁殖，在一定条件下对后者造成损害或死亡的现象称为寄生现象。前者称寄生物，后者称为寄主。有些寄生物一旦离开寄主就无法生存，这类寄生物为专性寄生物。有些寄生物脱离寄主后营腐生生活，这类寄生物称兼性寄生物。

动物体内寄生的微生物主要是细菌和病毒。凡是能引起人类疾病的病原微生物都营寄生生活。寄生在动物体中能引起畜禽传染病的也很多，如炭疽病（病原菌为炭疽杆菌）、布鲁氏病（由布鲁氏杆菌引起，寄生在猪、牛、羊上，引起传染性流产）、猪瘟等，严重地威胁畜牧业的发展。植物体内的寄生菌，大部分是真菌，是植物最主要的病原菌，如真菌中担子菌纲的病原菌能引起小麦的各种锈病和黑穗病、棉花的炭疽病和立枯病、水稻的稻瘟病和纹枯病等。有时在田间看到玉米穗上不长玉米，而里面长满了黑粉，这就是由真菌所引起的玉米黑粉病。植物病毒也能使植物生病，目前已发现的植物病毒有 300 多种。它们能引起植物不同的病害，如烟草花叶病、马铃薯花叶病等。微生物之间也存在寄生关系，如噬菌体对细菌的寄生。微生物之间的寄生现象与人类利害关系十分密切，如在青霉素等抗生素生产过程中，若遭到噬菌体的侵染，会导致倒罐、停产等严重后果，造成巨大损失。另一方面，人们可以利用微生物之间的寄生现象来消除病原菌的危害，如在医疗上可以用绿脓杆菌的噬菌体来预防和治疗绿脓杆菌对烧伤病人皮肤的感染。

所谓共生关系，指两种生物紧密地共居在一起，彼此相互依赖、相互分工，互为对方创造条件，以致它们彼此分开后难以独立进行生活。

微生物与其他生物共生现象在自然界广泛存在。地衣是微生物之间共生关系的典型例子，它是真菌中子囊菌纲或担子菌纲某些种类与藻类中的单细胞绿藻或蓝藻共生在一起形成的生物体。微生物与高等植物之间共生的典型代表是固氮菌与豆科植物的共生，植物根为固氮菌提供舒适的生活环境和丰富的营养物质，使之在根内繁殖，固氮菌把空气中植物不能利用的氮气固定下来，以供植物生长之需。微生物与动物共生现象也不少见。牛、羊等反刍动物与瘤胃微生物共生就是典型一例。反刍动物瘤胃中温度恒定，胃液的酸碱度维持在 5~7 之间，瘤胃中的 CO_2 （二氧化碳）、 CH_4 （甲烷）等气体为瘤胃中的专性厌氧微生物（如纤维素分解菌群、淀粉分解菌群等）提供无氧条件，大量草料的进入为这些细菌提供营养物质。这样瘤胃好似一个设备齐全的发酵罐，口腔相当于进料口，皱胃是出料口，瘤胃不停地节律运动像个

搅拌机。这样，瘤胃内微生物不断生长、繁殖，并将草料中的纤维素分解成纤维二糖和葡萄糖，再被别的微生物转变成脂肪酸、二氧化碳、甲烷、乙酸、丙酸、丁酸等。脂肪酸等被吸收利用。另外，反刍动物瘤胃中的发酵产物一部分用于瘤胃中微生物的生长、繁殖，而死亡的微生物细胞又可被肠道所分泌的酶类分解，成为动物必需氨基酸和维生素来源。就这样，细菌与反刍动物之间相互分工、相互依赖、互惠互利而共生。

45. 肝炎病的“祸首”

——肝炎病毒

俗话说病从口入，这句话是十分有道理的。有许多传染病，像痢疾、霍乱、病毒性肝炎等都有可能由于食用病原菌污染的食品而引起。

病毒性肝炎是危害人民健康的重要传染病，肝炎病毒是引起病毒性肝炎的主要病原体。现已查清，病毒性肝炎按其致病特点可以分为甲型、乙型及非甲非乙型，所引起的肝炎分别称为甲型肝炎、乙型肝炎和非甲非乙型肝炎。

甲型肝炎病毒是 1973 年于甲型肝炎急性型患者的粪便中发现的。甲型肝炎病毒除对人类致病外，还可以感染黑猩猩和小绒猴。此种病毒的结构特点是，为一种直径 27 纳米大小的、无囊膜的 20 面立方体对称的病毒颗粒，其核酸为单链核糖核酸（RNA）。甲型肝炎的传播方式主要是经口传播的，最常见的是和病人密切接触或食用被病原菌污染的食品，主要传染源是病人。甲肝病毒的抵抗力较强，在一般情况下经过 100 5 分钟或使用漂白粉、次氯酸钠等溶液处理才能杀死。

乙型肝炎病毒又称 Dane 颗粒，它是直径为 42 纳米，有双层外壳的病毒颗粒。在双层外壳内部具有细纹结构的核心。其外壳一般称为表面抗原。其核心称核心抗原。乙型肝炎抗原是由 3 种抗原组成，即表面抗原（HBsAg）、核心抗原（HBcAg）及 e 抗原（HBeAg）。此病毒有较长的潜伏期，同时还有 HBsAg 的持续携带者，这些均是主要的传染源。病毒的携带者危害性更大，且其传染性为人们所不注意。乙肝主要是通过输血或注射感染，不洁饮食也是乙肝传染的途径之一。乙肝病毒对热、低温、干燥、紫外线和一般浓度的化学消毒剂有较强的抵抗力。世界卫生组织推荐使用 $1 \sim 10^4$ ppm 的次氯酸钠作为消毒剂，它能快速地杀死乙肝病毒。

由于发展了高度敏感的鉴定甲型肝炎及乙型肝炎的抗原和抗体的方法，发现了有一些与甲、乙型肝炎病毒或其他已知病毒无关的肝炎。因考虑此类肝炎可能有不同型别，故统称为非甲非乙型肝炎。这种肝炎首先是从输血后的肝炎病人中鉴定出来的。输血和注射是传播此种类型肝炎的主要途径。这种肝炎的潜伏期可变性很大，大约在 6~7 周，最短的只有 18 天。多数病人症状类似乙肝。目前有关非甲非乙型肝炎了解甚少，从临床上发现至少有两种病毒与之有关。有关这一类型肝炎正在进一步研究之中。

46. 害怕氧气的家族

——厌氧微生物

大家知道，氧气是维持生命活动必不可少的物质。人可以几天不吃饭而不危及生命，但五分钟左右不呼吸就会死亡。其他一些高等动、植物和人一样，时时刻刻都在进行呼吸，要呼吸就必须有氧气，没有氧气就会窒息而死。可见氧气对维持生命活动多么重要。

微生物对氧气的态度就各不相同了。有些微生物的脾气特别古怪，见到氧气就不能好好生活，甚至死亡。由于这类对氧气十分的讨厌，所以把它们

叫做厌氧微生物。

厌氧微生物为什么这么害怕氧气呢？经过科学家的研究，原来是氧气对它们有毒害作用。当这些微生物生活在有氧环境时，它们的细胞内会产生一种叫做过氧化氢（ H_2O_2 ）的物质。由于过氧化氢有强烈的氧化作用，可以破坏微生物体内的蛋白质、酶，从而导致微生物生长不好或死亡。而在没有氧气的条件下，它们利用有机物质在细胞内分解过程中，在酶的催化作用下不断地脱氢来完成呼吸作用过程，通过生物氧化作用获得它们生命活动中所需要的能量。这样它们反而比有氧时生长得更好。

当不小心弄伤了皮肤，如果随便使用脏东西或抓把土放在伤口处止血，这样做是很危险的。这时你去找大夫，总要给你清洗伤口，虽然一时很痛，但是有益处的。如果伤口较深时，大夫还要给你注射疫苗，这是为了防止引起破伤风的细菌——破伤风杆菌的感染。破伤风杆菌是一种创伤的特殊感染菌，存在于动物和人的肠道内，随粪便排出体外，污染泥土。这种菌为厌氧菌，当机体遭到创伤时，有时会受到这种菌的侵染，伤口愈深，空气愈少，它就生长的愈好，并且产生强烈的外毒素，作用于神经系统，导致特有的痉挛病症发生，从而危害人的健康。

还有一类被称为甲烷细菌的厌氧菌，它们对厌氧条件要求十分的严格，当它们暴露在空气中时，常迅速死亡。它们广泛地分布于湖泊池沼、积水沼泽的污泥中、一些动物的消化道中（如牛胃）。在无氧条件下，它们分解有机物质，利用低分子量的碳水化合物以获得能量和营养，它们能把其他厌氧菌发酵产生的二氧化碳、氢、甲酸等转变成甲烷。目前在农村各地推广的沼气发酵，就是对这一类细菌的具体应用，利用这类厌氧微生物产生甲烷气体，以供作燃料。

在工业生产上人们还利用厌氧微生物通过酵解作用产生丙酮、丁醇、丙酸、丁酸、乳酸等有机酸和有机溶剂。如芽孢梭菌属的一些严格厌氧微生物，代谢作用为酵解，能分解糖产生各种有机酸，通常为乙酸和丁酸，以及少量的乙醇和丙酮。这个属中的丁酸芽孢梭菌是工业生产丁酸的主要菌种，它除能生产丁酸外，还能生产醋酸、丙醇、丙酮、乙醇、丁醇。可见，这些脾气古怪的厌氧微生物对人类的贡献还不小呢。

47. 大自然的清洁工

——环境中的分解者

在日常生活中要产生许多生活垃圾，工业化大生产中也会产生大量的工业垃圾，这些垃圾以及大量的动、植物死后的躯体，最后也要归还给大地，就拿动植物的躯体来讲，千百年来，死亡的动、植物体简直无法估量，为什么地球土壤表面没有被植物残体和动物尸体、粪便所充塞？原来在大自然中有一支不知辛苦清洁工——微生物。它们不知疲倦地工作着，悄悄地把尸体残骸、垃圾废物分解、转换，使各种元素又回到自然界中，才使我们的生活环境清洁、舒适。如果没有这些微生物的作用，地球上的各种废物堆积起来会出现可怕而又难以设想的局面。

在物质循环的分解作用和矿化作用中，微生物起着重要作用。微生物的营养类型极多。在自然环境中，几乎一切有机物质和大多数无机物质都能被相关的微生物分解。如萤光假孢杆菌可以利用二百多种自然界的有机物。另外，微生物的适应能力强，可在一些比较恶劣的环境下生存。

水是人们日常生活所必不可少的，也是农业生产的命脉，工业发展的重

要条件。然而随着工业的迅速发展，城市人口的膨胀，大量工业废水和生活污水倾泻到江河湖泊中，水源遭受到严重的污染，危害人们的健康。食用污染水域中的鱼虾等，会通过食物链把水中的有毒物质带入人体，从而对健康造成危害。如果水污染太严重，河中的鱼、虾将会死亡，而且河水也不能用来灌溉农田。

人们花费不少精力来解决含毒废水的威胁，在各种方法中以利用微生物处理废水以其处理效率高、成本低而得以广泛的应用。

自然界中能够净化污水的微生物广布天下，各显神通，不同的微生物有自己不同的高招。枯草杆菌、马铃薯杆菌能以己内酰胺为食；红色酵母菌对聚氯联苯有分解能力。有种芽孢杆菌能把酚类物质转变为醋酸，作为营养物质吸收利用，它除酚效率可达 90% 以上，所以在处理炼焦厂、化工厂和酚醛树脂厂的含酚废水时，就得请它们了。汞是众所周知的毒物，人吃了被汞污染鱼类，汞会在脑中积累，严重危害健康。一种耐汞菌通过人工培养能把废水中的汞富集到菌体中，同时还可以从菌体中回收到 90% 左右的金属汞，真是一举两得。

各种氰化物如氰化钾、氰氢酸、氰化钠等都是巨毒品。自然界中有些极毛杆菌却以它们当作美味佳肴，在品尝之余，将毒品分解成二氧化碳和氨。有的微生物能把稳定有毒的 DDT 转变成无毒溶于水的物质而解除其毒性。每年在运输过程中有大量的原油流入海域中而污染了海洋，在清除这些油类中真菌比细菌有更大的能力。

其实，人们还没有发现、利用微生物处理废物、净化环境之前，微生物就早已默默无闻，任劳任怨独揽着净化大自然的工作。这些微生物是人类的朋友，大自然的清洁工。

48. 最小的生命体 ——类病毒

微生物是一切微小生物的总称。一些微生物的个体极其微小，测量它们时都必须用微米 (μm , $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$) 或纳米 (nm , $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 作单位。各类微生物个体大小差异也较明显。一般情况下真核微生物、原核微生物、非细胞微生物，生物大分子，大体上依 10^{-1} 递减。目前所知道的最小微生物是 1971 年才发现的马铃薯纺锤块茎的原体——类病毒。

类病毒是 1967—1971 年美国迪纳 (T. O. Diener) 在研究马铃薯纺锤块茎病的病原体时发现，其病原体不是病毒，而是一种单链 RNA，把它们称之为类病毒。类病毒比最小的 RNA 病毒还要小 10 倍，结构也比一般的病毒更为简单。它没有蛋白质和类脂成分，只有裸露的核酸。马铃薯纺锤块茎类病毒是一个环状的 RNA 分子，仅由 359 个核苷酸组成，分子量是 75000 ~ 13000 道尔顿，只能编码 50 ~ 75 个氨基酸，不足以编码一个蛋白质分子。它能侵染 117 种茄科植物的细胞，并能使马铃薯和蕃茄发生病害。

目前已发现的植物类病毒除马铃薯纺锤块茎类病毒外，还有柑桔裂皮类病毒、菊花矮化类病毒、黄瓜白果类病毒、菊花退绿斑驳类病毒、椰子死亡类病毒、葎草矮生类病毒及梨日斑类病毒等。

类病毒比最小的 RNA 病毒还要小 10 倍，下面通过看看细小 RNA 病毒大小，来形象说明类病毒有多么小。

细小 RNA 病毒是动物病毒中体积最小的病毒，包括数目最多和最重要的人类和家禽的病原体，其中半数以上可侵染人类。细小 RNA 病毒颗粒为球状，

直径 20~30 纳米，单链 RNA，分子量 2000000~3000000 道尔顿。由此我们可以推测出需要有 150000 个细小 RNA 病毒头尾连接起来才有一颗小芝麻粒长，可见它们的个头是多么的微小。

类病毒是迄今人类发现的最小生物体，研究类病毒对于探讨生命本质有重要意义。

49. 微生物学的奠基者

——巴斯德

巴斯德 (Louis Pasteur, 1822—1895) 是法国化学家和伟大的微生物学家。他 1822 年生于法国多莱。他一生中对微生物的理论研究和实际应用做出了突出的贡献，被世人同柯赫 (Koch) 一起被誉为微生物的奠基者。

巴斯德 1847 年巴黎师范学院毕业后开始研究化学，他突出的贡献是发现了旋光现象。他研究化学的时间不长，以后集中精力研究微生物学。他的研究成果不仅促进微生物学的发展，而且带动了农业、医药、发酵等学科的发展。

1850 年前后，微生物的自然发生说已不能被大多数科学家所接受，并逐渐被各种实验所否定，最著名的实验就是巴斯德的曲颈瓶实验。他的实验结果最终否定了微生物的自然发生说，并且建立了病原学说，对微生物的研究起着巨大的推动作用。实验是这样进行的，巴斯德制成了一个具有细长而弯曲的玻璃瓶，在瓶中盛有些有机物。这些有机物的水浸液被加热灭菌后，虽然和空气相接触，空气虽能自由进入玻璃瓶，但空气中所含有的微生物却不能随管上升而进入瓶内，所以瓶中没有微生物生长。一旦瓶颈被打断，瓶中则有微生物生长。

巴斯德在微生物学上的第二个重大贡献是创立了免疫学——预防接种。1877 年，巴斯德研究鸡霍乱，发现钝化病原体能用来预防鸡霍乱。1881 年他又把炭疽杆菌在 42—43 的高温下进行培养，结果获得了毒力降低的菌苗，用它来预防羊的炭疽病获得成功。随后他又制出了狂犬病 (恐水病) 疫苗，挽救了许多人的生命。以后世界上各国都采用此法治疗狂犬病，称为巴斯德恐水病治疗法。

巴斯德在微生物研究上第三个贡献是对发酵的研究。他认为发酵作用不是纯粹的化学反应过程，而是由于微生物生长活动所引起的一个生物性过程。巴斯德在研究发酵过程中，除证明酵母菌引起酒精发酵外，还发现了乳酸发酵、醋酸发酵和丁酸发酵，而且是由不同细菌引起的。1857 年他证明了丁酸发酵能在没有氧的条件下进行，这样他发现了好氧和厌氧微生物的区别，并且证明了微生物发酵作用是无需有氧的。

巴斯德在微生物学上的贡献还不限于这一些。如他在解决葡萄酒和啤酒变质发酸这个难题时，弄清了酒味变酸的原因是不请自来的乳酸细菌作祟造成的。他继续试验，把葡萄汁在 60~65 的温度下，加热 20~30 分钟，然后加入优良的酵母菌，发酵后可酿出优质的葡萄酒。从而在实验中创造了巴斯德消毒法。目前巴斯德消毒法仍在大量使用。他在解决法国南部家蚕病害中，深入实际去探索研究，借助显微镜，发现在害病的蚕体中有许多棕色颗粒，并证明这些棕色颗粒是杀死蚕子的凶手。于是通过检查和淘汰病蛾来阻止病害的发展，并可逐渐消灭病害，从而创立并推动了检疫及微生物病理学说 (即病原学说)，深刻地影响了医学的发展。

50. 种牛痘的奥秘

——疫苗及其作用

相传早在宋朝，就已经知道用患天花病人的痘痂吹入健康人的鼻孔，就达到了预防天花的目的。到了16世纪明朝，就学会用种痘术来预防天花了。17世纪俄国曾流行天花病，他们还特意派人来中国学习种痘术。又过了二三百年来，英国有个叫琴纳的人，把天花病毒种在牛的身上，然后再从牛身上制取疫苗用于预防天花，这就是所谓的牛痘，当然至今全世界已消灭了天花病，我国也已取消了常规种痘制度。

致病微生物侵入机体后，能刺激一种叫抗体的物质产生。抗体是在抗原的刺激下，在浆细胞内形成的一类能与相应抗原发生特异性结合的球蛋白，它有俘虏致病菌和消除致病菌分泌的毒素的本领。我们把入侵的微生物叫做抗原。后来研究发现不仅细菌、病毒能作抗原，就是微生物分泌的毒素、动物血清、花粉等多种物质也具有抗原性。抗原和抗体之间有严格的特异性。如白喉抗毒素只对白喉毒素起作用，而不与破伤风毒素起作用。抗体和抗原之间的微妙关系被揭示以后，可以广泛应用于预防医学。

免疫可分自然免疫和人工免疫，自然免疫可由患病、隐性感染以及婴儿从胎盘、初乳中获得。人工免疫就是采用人工的方法将疫苗、类毒素、瘤苗、含有某种特异性抗体的免疫血清或细胞免疫制剂等接种人体，以增强机体的抗病能力。用人工制备的疫苗、类毒素、瘤苗等接种人体，刺激机体产生特异的免疫力，称为人工自动免疫。这种免疫力的出现较慢，一般在接种1—4周后才产生，但维持时间较长。如伤寒和霍乱的抗体可以保持2年；破伤风类毒素和白喉的抗体能持续5年。这些抗体在人体就是一支特种部队，随时围歼致病菌入侵或防止毒素进入体内。

自动免疫多用于预防疾病。有时使用的是以活菌体作为抗原。用细菌为菌体的叫做菌苗，如大家熟悉的卡介苗。用病毒、立克茨氏体或螺旋体等制成的叫疫苗，如牛痘疫苗、小儿麻痹疫苗等。习惯上我们把这两种制剂统称为疫苗。这些疫苗为什么能预防疾病而不引起疾病呢？原来是制造这些疫苗所使用的菌株是挑选了毒力很低或无毒的菌株，这种菌株致病力、毒力都很低，在人体内只起刺激人体产生抗体作用，并不造成疫病。活疫苗使用量小，免疫时间较长，但不易保存。有时也使用死疫苗作为抗原，选用免疫原性强的细菌、病毒、立克茨氏体等，经人工大量培养，利用物理、化学方法将其杀死后制成。死疫苗进入机体后，不能生长繁殖，对人体刺激时间短，要获得强而持久的免疫力，需多次重复注射。常用的死疫苗有伤寒、霍乱、百日咳、狂犬病、乙型脑炎等。还有的疫苗是利用微生物产生的毒素制造的，如破伤风类毒素、白喉类毒素等。

还有一种称为人工被动免疫的，它是直接向人体输送含有特异性抗体等免疫物质的血清，使机体迅速获得免疫力。如一个人被严重创伤后，要打的破伤风针中就含有抗破伤风杆菌抗体的血清。这种方法多在来不及作人工自动免疫时才使用。由于免疫血清中所含抗体非自身产生，故免疫作用虽然出现快，但持续时间短。

目前用来预防传染病的武器归结起来主要有：菌苗、疫苗、免疫血清、类病毒等。因为它们是利用微生物或它们产生的毒素制成的。因而统称为生物制品。我国已生产应用的生物制品种类已有100多种，它们为保护我国人民的身体健康做出了卓越的贡献。在控制和消灭传染病方面发挥了巨大的作用。

51. 吃“石”生“金”

——谈细菌冶金

如果说细菌能冶金，你可能会有些困惑。但世界上确实有许多国家在研究应用微生物从矿石中和废水中提取有用金属，研究净化矿山和选冶厂污水的微生物学方法。

所谓细菌冶金，又称细菌浸矿、生物湿法冶金，实质是生物地球化学过程的人为利用，就是人们把某些自养性微生物在生命活动的过程中，不断产生的有效浸矿溶剂用于冶金，从而把所需的金属从矿石中溶浸出来。

生物湿法冶金技术（细菌冶金）研究和应用已有 30 多年历史。但在没有发现细菌以前，我国在北宋时期就有胆水浸铜的记载。公元 1094 年左右，就开始利用自养细菌生命活动的胆水浸铜进行铜生产。国外的首次报道是在 1670 年以后，在西班牙奥廷托矿山的矿水中回收铜，比中国利用此技术晚了 500 多年。

1947 年美国柯麦尔（Colmer）和亨凯里（Hinkle）从矿山酸性矿水中分离鉴定出氧化亚铁硫杆菌（*Thiobacillus ferrooxidans*），并发现从金属硫化矿床和煤矿床流出来的红色酸性矿水里由此菌把低价铁氧化成高价铁，并经氧化硫硫杆菌（*Thiobacillus thiooxidans*）把元素硫或硫化物氧化成硫酸而形成的，这样形成了硫酸铁溶液和硫酸溶液是一般硫化矿物的有效浸出溶剂，它使铜矿中的铜变成硫酸铜溶液。他们还证明了这些细菌是金属硫化矿床生物地球化学过程的重要参与者，这才接开了细菌浸矿之谜。北宋时期张甲（1094 年）的《浸铜要略》上记载的胆水，看来就是由于细菌作用所产生的硫酸铜溶液。“以铁投之，铜色立变”就是化学上用铁把铜置换出来的结果。

自美国 1958 年用细菌法浸铜、加拿大 1966 年用细菌法浸铀的研究和工业应用成功之后，细菌冶金这个新的技术领域就在世界上出现了。当前有 30 多个国家研究细菌冶金，并在一些国家取得良好的效果。据初步统计，全世界中铜的产量有 15% 来自细菌浸出法。如美国，1965 年利用细菌法回收铜 13 万吨，占全国年总产量的 10% 左右；加拿大从 1964 年起，在全国 1200 个废铀矿区，利用微生物平均每月可回收 600 公斤左右的氧化铀。除了铜和铀的细菌浸出已获成功外，利用微生物法浸出钴、镍、锰、锌、金、银、铂、铬、钛等金属也取得一定成果。我国从 1958 年起，在微生物所方心芳和王大珍两位专家指导下开始研究细菌冶金，并获得一定成果。1975 年从安徽铜官山铜矿回收铜达 960 多吨，在湖南柏坊等矿区用细菌法治矿提取铜的同时，还生产出了铀。

目前用于微生物冶金的微生物约有 20 多种。属于硫杆菌属（*Thiobacillus*）、嗜酸嗜热的硫叶菌属（*Sulfolobus*）和一些异养细菌等，如氧化亚铁硫杆菌、氧化硫硫杆菌等。当然，冶金的种类不同，利用微生物的种类也就不同。细菌浸矿可以采用槽式搅拌浸出、池式淋滤浸出、地表堆浸和地下浸出四种方法，它们各有其适用范围和优缺点。如用地表堆浸法浸矿时，先将矿石收集起来堆成几十万吨，甚至上亿吨的大堆，用泵将细菌浸出剂、硫酸、硫酸铁喷淋到矿石表面。随着浸出剂的逐渐渗透，矿石里就发生了化学反应，生成蓝色的硫酸铜溶液，流到较低的池中，然后再投入铁将铜置换出来。

细菌冶矿具有一定的优越性，它投资少、开采成本低、工艺简单，是处

理贫矿、尾矿、废弃老矿、小而分散的寡矿及一些较难开采矿的一种经济有效的方法。但在目前生产中还存在一些问题，如生产周期长，收率不稳定，在冬季不能培养细菌进行生产等。因而人们正在设法使细菌在冶矿方面发挥更大作用，为人类做出更大贡献。

52. 巨人和侏儒

——动物界几个类群个体大小差异

世界上生物的多样性，常常使人感到惊奇，生物在身体的大小结构上以及生活方式上同样具有惊人的差异。下面仅以几个动物类群为例，谈一谈动物界的巨人与侏儒。

绝大多数无脊椎动物的体型都比脊椎动物小得多，但在无脊椎动物中也可以找到巨人。在印度洋海岸，有一种穿石海绵，这种海绵高达 1.5 米，宽超过 0.5 米。在北方的海洋中（如巴伦支海）中，有一种北极霞水母，它的伞状体直径达 2 米，从伞状体上垂下来的触手有 20—30 米，相当于一条大鲸鱼的长度。但是大多数腔肠动物身体都很小，有的借助于显微镜才能观察。

我们大家都知道蚯蚓，对它的大小都很清楚。但当你看到长 1—2 米的蚯蚓时又会说些什么呢？澳洲有一种长 2 米，手指般粗的蚯蚓，它的身体前端钻进土壤后，能在土中掘成长而宽敞的通道，在比较硬的土壤中，蚯蚓就通过它的肠子把土壤排到洞外，像粪堆一样。这种巨蚯蚓生活在土中挖成的通道内，有时只把身体的前部露出洞外。它只能适应土下的生活，所以把它掘出地面以后，就完全无能为力了。南美也有一种巨蚯蚓，生活在土壤表面，身上的颜色鲜明而美丽。

最长和体积最大的软体动物见于头足类。这些类动物长有硬壳，不过这种硬壳藏在皮内，如章鱼、乌贼等都属于头足类软体动物。在十九世纪末，有人曾记述过一个大王乌贼，它的身体长 3 米，而触手长达 15 米，这种乌贼是所有无脊椎动物中体积最大的动物，它的直径达 30 厘米的眼睛，也是动物界绝无仅有的。大乌贼是一种很凶恶的动物，生活在很深的海水中。抹香鲸常以此类软体动物为食，当它捕食大乌贼时，两个海中的巨大怪物之间会发生一场残酷的搏斗，有人曾看到过这种场面。

软体动物中的侏儒比巨人多得多，太平洋中有一种微小的头足动物，身长只有一厘米。另外在蜗牛中，最小的可算生活在欧洲的一种里昂小螺，它的外壳直径只有 1 毫米。

鱼类中的巨人是鲸鲨。它的体长达 15 米，有人曾报道过身长达 30 米的鲸鲨（不过是个例外情况）。这种鲨鱼生活在大西洋，但由于口和鳃部的结构特点，鲸鲨不能吃下巨大的猎获物，只能吃海虾类和其他小动物，因此鲸鲨对人类并没有危险。这种鲸鲨每 20—30 条聚成一群，有时懒洋洋地、一动不动地躺在水面，把巨大的背鳍伸出水面。

世界上最小的鱼，也是最小的脊椎动物，是生活在印度洋中的 Chagos Archipelago 虾虎鱼（*Trimmaton nanus*），体长只有 0.8—1 厘米。最小的淡水鱼是菲律宾的潘达卡虾虎鱼，体长 1—1.1 厘米。这种鱼是 1907 年发现的，但从那时起，很长时间都找不到这种鱼，所以许多人曾怀疑它的存在，到 1950 年菲律宾渔业局的工作人员又找到了这种小鱼。

世界上最大的鸟类是非洲鸵鸟，它的高度达 2.75 米，长 2 米，体重 90 公斤。鸵鸟不会飞，但跑得非常快，它能追过比赛中的良种快马。这种鸟的力量很大，它的脚不但能击倒人，而且能踏死人。鸵鸟蛋比鸡蛋大 19 倍左右，

重 1.5 公斤。

蜂鸟毫无疑问应算是世界上最小的鸟类。在这种微小的鸟类中，有一种才重 2g，身体只比蜜蜂大一些。蜂鸟和昆虫一样，用极快的速度振动双翅，才能在空中飞行。它振动双翅的速度达每秒 50 次。当这种微小的鸟悬在空中，并用自己的细嘴取食花中的汁液或啄食昆虫时，在双翅振动的地方能见到像灰白色云烟状的光环，并且听到一种特殊的嗡嗡声。蜂鸟的羽毛惊人地鲜艳美丽，当它在花卉之间飞舞时，身体上发出彩虹般的各种颜色。蜂鸟还有一个有趣的特点，就是能够倒退飞行。

所有鸟类有一个共同特点，就是新陈代谢率非常高，蜂鸟表现得尤为突出。它的正常体温 43℃，心脏跳动达每分钟 615 次。蜂鸟的食欲很大，每昼夜吃的食物的重量比它的体重多 1 倍。它的飞行速度惊人地敏捷，每秒钟可达 50 米之多。有一种小型的蜂鸟，所产的卵和豌豆粒一样大小，重 0.2 克。动物学家认为全世界大约有 300 多种蜂鸟。

哺乳类中最大的（也是世界上最大的）动物是蓝鲸。人们捕到的最大的蓝鲸体长 34 米，体重 170 吨，相当于 30 只大象和 150 头牛的重量。一餐食量 1 吨，每天吃 4.5 吨食物。鲸鱼的心脏超过 1 匹马的重量（700 公斤左右），肾脏重 1 吨，舌头重 2 吨，胃长 3 米，肠 250 米。新生下来的幼鲸就有 8 米长，6 吨重，经过一昼夜的哺乳，幼鲸的体重会增加 100 公斤，两年以后就能长到成年鲸那么大。

在哺乳动物中，鼯鼠可算是真正的侏儒，它是一种食虫类动物，体长只有 4 厘米，体重只有 2 克。这种动物外表很像小家鼠，只是鼻子稍长，而耳稍短，眼睛也小一些。鼯鼠吃无脊椎动物，包括有害昆虫在内。这种小巧活泼的动物新陈代谢的速度很快，极其贪食，一昼夜所吃的食物重量超过自身重量的 1—3 倍。鼯鼠一年四季都活动，冬天不休眠，而是在厚厚的积雪下寻找正在冬眠的昆虫及其幼虫为食。

53. 从自身获取营养的生物 ——与藻类共生的动物

虽然绝大多数动物是通过取食植物或其他动物而获得能量，但某些动物却发展出了一种与绿藻共生的关系，即藻类可以生活在寄主组织内，寄主为藻类提供 CO₂ 含氮物质、矿物质和水，并为藻类提供抵御外界不良环境的保护。绿藻利用阳光进行光合作用，为寄主提供碳水化合物，还有氨基酸和其他有机化合物。因为这种关系是平衡的，所以藻类不能在动物体内过多繁殖而侵入和控制寄主的所有组织和器官，而寄主（动物）也不伤害藻类。这种关系被称为共生。

这种共生关系只发生在低等动物，如原生动物的绿眼虫就有共生藻类寄生。许多珊瑚和海葵也有共生藻类生活在它们的组织内，为这些腔肠动物的生长提供营养。

绿水螅的胃皮细胞内有动物绿素，如果这些水螅被放置在黑暗环境中，动物绿素的数量将减少，最终消失，而形成白水螅。如果把绿水螅和白水螅放在阳光下，并限制其食物，绿水螅的生长繁殖将比白水螅好。

有一种蜗虫，其亚上皮间质细胞内有绿藻共生。如果这种动物大量聚集，就会使岸边变成绿色。如果将它们放置在黑暗的环境中，藻类数量就会减少，再放回到光下，藻类数量又增加。这说明在光下的这种动物可以从藻类中获取营养。还有另一个相近种，将它们放置在密闭的盛有海水的瓶子里，如果

将瓶子放在阳光下，它们可以生活 3 个星期左右。而在黑暗中，这种蜗虫很快会死亡。这是由于动物体内的绿藻通过光合作用为它们提供了足够的氧而使动物可在光下生活。

某些双壳软体动物 (Triacna 属) 中的组织中也有共生藻类。高等动物中没有共生藻类，但它们体内却有病毒、细菌和真菌以平衡关系生活在它们的组织内。在某些情况下，这些细菌可以阻止其他更危险的细菌侵入。这种平衡关系是由寄主的防御系统控制的 (即动物的免疫系统)。

有人曾经设想，如果能选择出一些藻类或叶绿体，能够在哺乳类上皮细胞内生活、进行光合作用和生长，那么一些家畜 (猪、牛、羊等) 就可以减少对食草的需求，这些绿色的家畜就能在干旱缺食的环境中生活下去。

54. 精巧的生物照相机

——蝇眼

人们所熟悉的苍蝇，是一种常见的昆虫。种类很多如：绿蝇、家蝇、麻蝇、红头蝇等。由于它是带菌者，能传播很多疾病，是四害之一，为消灭对象。但是从仿生学角度来看，苍蝇的许多结构是很精巧的，是很好的生物原型，是值得我们去研究和模仿的。

苍蝇头部的两侧，有 1 对复眼，在复眼之间有 3 个单眼，排列成三角形，这是苍蝇的视觉器官。它在取食、集群、繁殖、避敌和决定行动方向等各种活动中起着重要的作用。

单眼是由一个角膜透镜和下面的许多视网膜细胞组成，周围有色素。它只能感光，不能构成物象。

复眼结构很复杂，它是由 4000 个小眼构成，每个小眼可分为集光和感光两部分。集光部分包括每一个小眼的表面有六角形透明角膜及角膜的下面有 4 个晶体细胞，其晶体细胞内充满了自己分泌的晶体，它具有折光作用。感光部分包括在晶体细胞下面的小网膜，它由 7 个视觉细胞组成。视觉细胞为长形，纵列在小眼中轴的周围，内侧形成视小杆，视杆外端与晶体细胞相接，内端与视神经相连。另外在晶体细胞与小网膜周围各有一组色素细胞，用以遮蔽侧射进来的光线，每一个小眼的中轴互相成 $1-3^\circ$ 的角度，合在一起就形成了半球状的视野 (图 8)。

研究证明，苍蝇的每个小眼都能看到物体的一部分，因此所得的物象互相结合，便形成一种“镶嵌的影象”，苍蝇借此视物。根据苍蝇的复眼的原型，人们已仿制成新型照相机，起名就叫“蝇眼照相机”。该照相机的镜头，是由 1329 块小透镜粘合而成，用它拍摄物体，一次可得 1329 张相片，分辨率可达 4000 条线/厘米。该机可用来大量复制电子计算机精细显微电路。另外这种眼的结构不仅对运动着的物体感觉敏锐，而且可以依据每一个小眼的变化角度测出运动物体的速度。按此原理，现已仿制成一种光学测速仪，用来测量运动物体，如测飞机等的速度。

在立体电视显示系统中，目前又模仿蝇眼制成一种复合阵列，它通过景物的三维虚象，使其立体象不会因观察角度不同而变化，从而解决了人站在旁边看电视，显示出的物象不成立体的缺点。

55. 没有上下颌的脊椎动物

——圆口类

脊椎动物都有上下颌，但最原始的脊椎动物圆口类则没有上下颌，只有一个圆形的口吸盘，圆口类因此而得名。

大约在四五亿年前曾有过许多无颌类，如异甲鱼类，骨甲鱼类等。它们头上和身上披有坚硬的骨甲和鳞片，所以叫它甲胄鱼类。它是动物发展史上出现最早的脊椎动物，不过它们都已绝灭。因为它们的化石都是在淡水碎屑岩中发现的，为此证实了脊椎动物是起源于淡水，以后才迁居到海洋里。甲胄鱼和现代圆口类虽在结构上很相似，如没有上下颌，没有成对的附肢（偶鳍），只有一个鼻孔，内耳有两个半规管，有鳃笼，鳃孔多而外露等。但由于经过长期的演变，却发生了显著的变化，如甲胄退化了，身体裸露，体形也由鱼形变为鳗形等。

现存的圆口类只有盲鳗和七鳃鳗（图9），它们生活在海里和淡水里，营寄生或半寄生的生活。以鱼类或底栖无脊椎动物为食。其中盲鳗主要营寄生生活，它以孙悟空钻肚皮的方式袭击着鱼类，通常是从鱼的鳃部钻入鱼的腹腔，吸食血肉和内脏，仅留下鱼皮和骨架（图10）。盲鳗很贪吃，它一边吃，一边排泄，有人统计，一条盲鳗在鱼腹中7个小时可吃进比本身体重18倍的鱼肉，故盲鳗不但无任何经济价值，相反它是渔业上的大害。七鳃鳗营半寄生生活，它吃甲壳类和底栖生物，也吃鱼类。它用角质齿锉鱼体，撕裂吸吮其血肉。它对渔业危害也很大，故有海狼之称。

56. 动物的近视与远视

——脊椎动物的视觉调节

不管是鱼类还是鸟类，都有一双眼睛，但它们的视觉能力大不相同，鱼类是近视眼，只能看清距它几十厘米的物体，经过调节，也不过看到10几米远。而鸟类视觉非常发达，特别是一些猛禽，能在几十米高空看清地上的猎物，并在捕捉猎物的瞬间，迅速地将眼由远视调节为近视，这在脊椎动物中是绝无仅有的。

为什么鱼眼与鸟眼有如此大的差距呢？这还得从眼的结构说起。

鱼类的眼球由晶状体、角膜、巩膜、视网膜、脉络膜等组成。晶状体呈圆球形，没有弹性，因而不能像人眼那样变凸或变扁。角膜也没有凸度，这样外界的物体超过一定距离就不能聚焦成像于视网膜上，要想看得远一些，鱼类通过由脉络膜向玻璃体中突出的一个结构——称为镰状体，它与晶状体相连，将晶状体向后牵引，可以看清稍远一点的物体。但这种调节是很有限的，也就是说调节能力很低。（图11）

鱼眼虽不能看远，但因为水有折射光线的作用，因此鱼能看到空气中的物体，并且所见物体的距离比实际距离要近，这样鱼类能较早地发现岸上的人或物而迅速游开。

鸟眼与鱼眼结构相比，虽然组成的部分基本相似，但每一部分的形状差别较大，主要表现在晶状体为双凸形，具有弹性，可以改变凸度。角膜也向外凸出。并且发展出可调节晶状体凸度和角膜凸度的肌肉，可以迅速有力地调节晶状体凸度以及晶状体与角膜间的距离，同时改变角膜的凸度。由于这种精巧而迅速的调节机制，使其能在一瞬间把扁平“远视眼”调整为“近视眼”（图12）。

鹰在高空中能察觉田地内的鼠类，并在几秒钟内俯冲抓捕，其视力比人大8倍；燕子在疾飞中能追捕飞虫，这都与良好的视力调节分不开。

57. 看不见的耳

——鱼类的听觉器官

关于鱼类具有听觉功能已为科学家认可，但鱼类的头部并不见耳的痕

迹，原来鱼类只有内耳，而且被包埋在头骨听囊内，所以从外面看不见。

鱼类的内耳与人耳的区别在于没有耳蜗结构，是由椭圆囊、球囊、瓶状囊和三个互相垂直的半规管组成的（图 13）。

每一半规管的一端有个由管壁膨大而成的球形结构，称为壶腹，其内有感觉上皮形成的听嵴。椭圆囊和球囊内也有感觉上皮，称为听斑。听嵴和听斑结构相似，由支持细胞顶端具毛的感觉细胞和顶盖组成（图 14）。

内耳的外面有外淋巴，里面为内淋巴。并且内耳中有一些由石灰质堆积而成的耳石，形状和大小在不同鱼类有所不同，可随着年龄增加而生长，因此可以用来测定年龄。耳石与听斑相贴，当身体改变位置时，耳石会刺激感受器，将信号通过听神经传到中枢。这是鱼类内耳的平衡感觉功能。

听觉的产生是由听斑形成的。当外界声波传到鱼体时，通过头骨将声波传递到外淋巴，再刺激内淋巴发生同样的振荡，这些振荡刺激内耳听斑的感觉细胞，再经过听神传达到脑，产生听觉。

少数海产硬骨鱼及大部分淡水鱼的内耳或多或少与鳔发生关系，鳔可以将水环境中的声波扩大，再传递到内耳。鲤形目鱼类的鳔通过一系列小骨块——韦伯氏器，与内耳相连，使声波得到放大，因此，听觉较一般鱼类为强。

各种鱼类对音调的强弱高低，感受能力各不相同。由于鱼类具有听觉功能，因而可以逃避危险，捕食食物，并且对一些能发声的鱼类，在生殖季节可以寻找异性。

鱼类的侧线器官一般认为可以感觉低频率的振动。

58. 会发电的鱼

——电鳐、电鳗和电鲛

在太平洋、大西洋和印度洋生活着一种会发电的鱼，称为电鳐。电鳐是一种底栖性鱼类，身体扁平，胸鳍和头部、胸部愈合形成一个又宽又扁的体盘。在体盘的前部两侧区域从外观可以看到许多蜂窝样的结构，连成一片，这就是它的发电器官（图 15）。

发电机是由许多特殊的肌肉组织薄片组成的，这些薄片之间有结缔组织间隔着，有无数神经与薄片肌肉相连。由神经将兴奋传导至肌肉，肌肉收缩产生电压，可达 100 伏特。在我国沿海也有电鳐分布。

在南美河流中还有一种会发电的鱼叫电鳗，体形似鳗。它的发电器官也是由肌肉转变而来的，不过位于身体的尾部。电鳗可以长到 2 米，20 公斤重，放电时电压可达 600 伏特以上（图 16）。这种电压的力量可以作用到正在渡河的动物和人。电鳗悄悄地游近鱼群，然后放电，电死大量鱼，使鱼类产量受到影响。

在非洲的河流中还生活着一种电鲛，放电量为 400—450 伏特，但它的发电器官并非肌肉变成，而是由真皮腺衍生而成的。

59. 神秘的生物光

——介绍一些鱼发的光

在祖国辽阔富饶的海洋里，不仅蕴藏着许多重要的经济鱼类资源，而且还分布着种类繁多的发光鱼类。尤其是居住在海洋中层和深海层的鱼类，发光现象最为普遍，大约 90% 以上的鱼类都有发光器官。如果你乘坐潜水艇到几百米深的水层下去探视，你就会观察到无数的发光鱼类和形形色色的发光动物，在漫漫长夜的深沉海洋里点燃起各自的“灯光”游来游去，活像一架架飞机亮着信号灯在夜空中航行。鱼类的发光器其形状、结构简繁程度、数

量多少、分布的位置、发光的形式、色彩和强度等各不相同，所有这些特征均可做为它们种与种之间的主要分类依据。

发光鱼类虽然种类繁多，依据它们的发光机理，可分为两大类型。一种是与鱼共栖性发光细菌的发光。这些动物本身并没有发光能力，而它们的光点是发光细菌共栖在鱼体的深处腺状结构的空腔里，故叫做“内部发光腺”。发光细菌营养是从鱼体中吸取来维持生命，而鱼则利用细菌发光来照明或寻找食物。为此它们两者之间不仅是寄生与被寄生的关系，而且还是相互依存、互为有利的共栖关系。这类鱼的发光特点是：光度在较长的时间里一直是保持不变的。当鱼死后，这些发光细菌还仍然继续发光。如鮟鱇科、鮟鱇科、光天竺鲷科等中有些鱼类的发光就属于这一类型。另一种是鱼类本体发光，其特点是在鱼体上没有共栖性发光细菌存在。而在鱼体表皮下方，深入到真皮组织内部，埋藏着许多微细的发光细胞。它们往往形成结构比较复杂的发光器官。有的除了发光细胞外，还有反光层以反射光线；吸光色素层以吸收光线、防止光线射入体内；滤光色素层以过滤光线以及聚焦光线的聚光透镜。由于发光细胞有许多神经分布，所以发光细胞是受着神经系统及体内激素的控制，细胞的闪光是非常迅速的。当发光鱼类死后，发光细胞也随之不再发光。如巨口鱼亚目和灯笼鱼科中多数种类的发光就属于这种类型。

鱼类发光显然是对环境的一种适应，普遍认为发光鱼类的生物光是用来照明环境，寻找食物，捕捉食物。如深海里的鮟鱇鱼类，它们背鳍分离出一个诱饵须，它不仅照亮周围环境，也可以充当捕食其他动物的诱饵。有时也因为它们发光而暴露目标而招来敌害，使自己陷于灭顶之灾。另外生物光还可用来做御敌的警戒信号，以突然的闪光来使凶猛的捕食者受惊而不敢轻举妄动，甚至逃离。鱼类的发光还是识别同类的标志，每一种发光鱼类根据其雌雄个体特定的发光模式，可以做为联络同伴或彼此认识的信号，以达到寻找自己的配偶，维持正常的结构。

对鱼类发光现象，早已引起世界各国鱼类学者的关注，并在生产实践中得到应用，列为当今捕鱼业上的一门新技术，叫做“灯光捕鱼”，它就是利用灯光来模拟生物光以引诱鱼群，在生产上获得较好效果。

由于生物发光过程几乎不产生热，约 95% 以上的化学能都变成了光，所以生物发光的效率很高，加之它的光色柔和，又适于人们的视觉，为此，科学家们模拟生物发光的原理来制做新的人工光源——化学光源，这种光源现已在国防和生产实践中得到广泛的应用。

60. 水中“美妙的音乐会”

——鱼的发声

过去一般人都认为鱼类是哑巴，其实不然，鱼的声音虽不能和鸟类和哺乳类相比拟，但有不少种鱼能发出各种不同的声音，有些鱼还有特别的发音器官，这种器官与鳍棘、鳃盖、脊椎骨及鳔等有密切的关系。

最简单的声音是鱼从鳔内放出气体时利用鳔的振动而发出的声音，如欧洲鳗鲡及一些鲤科鱼类。另外鳔还能对附近器官所产生的声音起着共鸣器的作用，从而使声音扩大，如鳞鲀鱼即如此。不少鱼类是由鳍棘、脊椎骨、牙齿、咽喉齿及鳃盖等摩擦而发声；泥鳅则是由于肠内的空气泡突然从肛门排出而发出的声音。由于各种鱼发音部位的结构不同，所以发出的声音是不一样的，鲤科鱼类发出的声音如呼吸声；南美鲶发出的声音像重呻吟调；有些鲶类的叫声像鸟鸣；黄鲫发出的声音像风吹树叶的声音；康吉鳗、鲀、箱鲀

等能发出不同的狗叫声；小黄鱼的叫声像蛙叫；大黄鱼发出的声音像远方传来的马达声；海马的叫声像打鼓声；鲷的叫声像睡觉时的咬牙声；印度有一种鲹叫声像小猪；鲂、鲮的叫声是多变的，有时又像猪叫、有时又像鼾声、有时却像呻吟。另外有些鱼发出的声音好似吹口哨声、钟声、手风琴演奏、乐队合奏声。有的还像歌手在纵情歌唱声……把水里各种鱼所发出的声音凑合起来，可真像水中在开“美妙的音乐会”。

鱼类的发声显然是适应环境的一种手段。一般认为鱼的叫声是用来识别同类或联络同伴，在生殖季节用来寻找配偶，还可以用来捕捉食物和攻击或逃避敌害等功能。

鱼类的发声早已引起人们的注意，并在生产实践中得到应用。有经验的渔民可以根据鱼的叫声，判断鱼群的种类、远近及鱼群的大小，甚至还能辨别出雌雄，同时人们还模拟鱼的声音进行“声捕鱼”而引诱鱼群，在渔业生产中获得较好的效果。这是当今捕鱼业方面的一门新技术，相信今后在渔业生产实践中将得到广泛的应用，获得更大的经济效益。

61. 脊椎动物起源于海洋还是淡水

——关于脊椎动物的起源地学说

脊椎动物起源于海洋还是淡水，是动物学家长期以来非常感兴趣和争论不休的问题。要合理地解释脊椎动物的机体结构，如对特殊感官的头部化、高效能的循环和排泄系统以及骨骼的存在等，就必需了解脊椎动物的起源地，因为动物体的结构是由于对环境的适应而逐步进化的。

本世纪 30 年代，一些古生物学家主张脊椎动物为淡水起源，理由是现存最原始的脊椎动物盲鳗肾脏发达，可以排出大量稀释尿液，这是淡水生活中排除渗透水所必备的结构，说明盲鳗的祖先是淡水生活的，后来才进入海洋，成为现今的纯海生种类。海水硬骨鱼和海水软骨鱼的祖先都生活于淡水，是分别独立进入海水生活的，因此产生了不同的调节方式，以对抗高盐海水的危害。但是淡水起源说不符合古生物学资料的证据。古生物学资料表明，最早的脊椎动物化石——上寒武纪和下奥陶纪的异甲类骨片是存积在海洋环境中的。

根据古生物学资料，有人提出了海水起源说，认为脊椎动物起源于海水。该假说认为原始脊椎动物经历了某种变态，幼体是悬浮取食者，成体为捕食者。主动捕食的生活方式不仅导致头部化，而且也导致了有效的循环、呼吸、肌肉质消化管的进化和加强糖元贮存的代谢方式的发展。原始脊椎动物生活在沿岸海洋环境中，偶尔暴露于被雨水或陆地流入的水所冲淡的海水中导致了球状肾的发育。但海水起源说存在几个问题。原始脊椎动物的捕食生活方式得不到现存原索动物生活方式的支持，现存原索动物海鞘、文昌鱼都是被动捕食方式。并且化石脊椎动物甲冑鱼身体具甲冑，没有颌，很难适应主动捕食生活。而所谓球状肾是通过偶尔暴露在沿岸稀释的海水环境中而进化的说法，也不能解释为什么生活在这种环境中的大多数无脊椎动物都没有发现相应的结构。这种假说也不能解释为什么在同样的海水环境中，脊椎动物发展出了不同的渗透调节对策。

1987 年，有人提出了溯河洄游假说。脊椎动物的海生原索动物祖先——一种似头索类（如文昌鱼）的滤食者，在寒武纪由海洋进入河口以获得丰富的浮游生物。它们经常地、有规律地暴露在河口固有的非常低的盐度环境中，导致球状肾的进化、肾的钠保留和鳃离子吸收泵的发育。这种祖先脊索动物

(原索动物)的繁殖开始发生在海洋,以后是河口,最后进入淡水河流,使易受伤的滤食性幼虫避开竞争者、捕食者和不稳定的河口环境。但淡水河流的生产力是很低的,并且,寒武纪还未出现陆生显花植物,不能提供有机碎屑,河流可能呈荒芜状态,不利于幼体以后的生长。因此,这种寒武纪的原始脊椎动物采取了洄游的生活方式。

溯河生活史对脊椎动物骨骼的起源提供了解释。骨骼可作为矿物质储存库,为卵的发生和发育提供必需的磷和钙,因为在溯河洄游中多数鱼类不取食。溯河洄游对脊椎动物的头部化提供了合理的解释,在溯河洄流中必须定位,这就发展了视觉、嗅觉、半规管和侧线,并且这些感官和脑的调节作用位于动物体的前部,即所谓头部化。

由溯河洄游的原始脊椎动物很容易衍生出不同的渗透调节类型。

由于溯河洄游学说能满意地解释盲鳗的球状肾,肾钠重吸收和鳃部离子吸收泵,能较好地说明头部化、骨骼和脊椎动物其他特征的起源,因此溯河洄游假说是脊椎动物起源的一个有生命力的假说。

62. 海鱼的肉为什么不像海水那样咸

——海水鱼和淡水鱼的渗透调节

海水具有很高的含盐量,一般达到 3%,又咸,又苦,又涩。根据物质运动规律,高浓度的物质会向低浓度方向扩散,直到达到平衡,而水分则会由低浓度向高浓度渗透。如果这样,海水鱼类的生理盐度就会与海水一样了。但事实上海水鱼类的生理盐度与淡水鱼类一样,大约为 0.7%,这是因为鱼类具有渗透调节的机能。

鱼类的渗透调节是由肾脏实现的,此外在鳃上还有一些能够吸收盐分或分泌盐分的细胞也与渗透调节有关。

海水硬骨鱼类如大黄鱼,生活在高盐度的海水中,血液和体液的浓度比水环境要低,体内水分会不断地渗透到体外。为了补充丢失的水分,海水硬骨鱼大量吞进海水,但这样的结果是虽然补充了水分,但同时也吞入了大量的盐分。怎样处理这些增加的盐分呢?原来,在海产硬骨鱼的鳃上有一种泌盐细胞,能将体内过多的盐分排出,保持体液的正常生理浓度。而海水硬骨鱼的肾脏不发达,肾小体退化,只排出很少的高浓度的尿液,减少了水分丢失。

海水中生活的软骨鱼类,如鲨鱼,虽然与海水硬骨鱼环境相同,但却没有渗透失水的威胁。因为在它们的血液中含有高浓度的尿素(2~2.5%,其他脊椎动物一般为 0.01~0.03%),在这种情况下,基本保持体液渗透压与海水相等,避免了渗透失水。但海水软骨鱼体内的盐浓度仍然比海水低,盐分仍会通过鳃的表面扩散进入体内,同时食物和海水也带进一些盐分,这些盐分一部分由肾脏排出,另一部分由位于大肠附近的排盐腺排出。海水软骨鱼的肾脏具有正常的排泄功能。

淡水鱼类的水环境含盐量只有 0.3%,低于它们的生理盐度,由于渗透作用,水分会不断地由体外渗透到体内,淡水鱼类通过发达的肾小体大量排出浓度很低的尿液,这样使体内的水分保持平衡。随着大量尿液的排出,会丢失一部分无机离子,如钠、钾。对这一损失的弥补方式是由鳃上特有的吸盐细胞吸收水中离子,补充到血液中去。

63. 奇特的婚姻

——鮫鱈鱼的繁殖

千姿百态、五颜六色、大大小小的鱼类生活在蓝色的海洋里。它们以各种生殖方式繁衍着后代。在浅海里，因透明度较大，群居着的雌雄鱼，相互看得较清楚，在繁殖季节，受精容易进行。在较深的海里则不然，由于光线暗，加之个体稀少，有的还彼此孤居，所以鱼类就是到了繁殖季节，彼此之间也难以碰上。虽然深海的鱼类一般都有发光器，并且可以根据不同的光线彼此取得联系，但如鱼类的数量太少，有时也难免会“踏破铁鞋无觅处”而错过繁殖季节。有的鱼则有其特殊的生殖方式，即雄鱼寄生在雌鱼身上，结为终生伴侣，如角鮟鱇就是这种典型的例子。

角鮟鱇栖息在大洋中层比较暗黑的地方，生活孤独，行动迟钝，所以成熟了的个体要找到配偶的机会却是非常少。但这种角鮟鱇雄鱼一经孵化就会到处寻找配偶。在此期间，雌鱼也会不断的发出某种清淡而奇异的香味，使雄鱼嗅到这种香味时，很快就会找到雌鱼，这时雄鱼用口在雌鱼体上找到立足，唇和舌就和雌鱼的皮肤连结在一起，最后完全愈合。雄鱼的口、颌、齿、鳍、鳃（除生殖器官外），差不多都退化了，雄雌鱼的血管直接相通连，雄鱼就完全靠雌鱼的血液获得营养，最后完全愈合，合二为一。由于雌鱼大，雄鱼个体很小，雌鱼约比雄鱼大十倍以上，故雄鱼仅是雌鱼体上的一个突起（图 17）。如果雄鱼在孵化时找不到配偶，那么它就会活活的饿死。像角鮟鱇的这种雌雄关系，不要说在鱼类中非常特殊罕见，就是在所有的脊椎动物中也是独一无二的。

64. 能“产仔”的雄鱼

一 / 于马

海马是海洋鱼类，属刺鱼目，海龙科。它的外形不像质，其身体被有 10—12 环状骨片，尾部细氏，造四棱，常成卷曲状，头与体躯成直角，并且头酷似马头，故而叫海马（图 18；。它没有腹鳍和尾鳍，用其背鳍扇动作垂直游泳。它广泛分布在我国南北沿海和内湾，喜栖息在沿海多海藻的水域。海马在我国沿海分布有 6 种：斑海马、大海马、日本海马、刺海马、冠海马、克氏海马。产于广东、福建沿海的种类较多。

海马是贵重药材，经济价值高，有“南方人参”之称。它具有滋阴补肾、调气活血之功效，在临床上用于阳痿、不育、难产、催生、镇静安神、风湿痹痛、强心、虚喘、乳腺癌及神经系统等方面的疾病。

海马生殖系统结构和繁殖方式很特殊，护卵或护幼工作都由雄鱼承担。雄海马在肛门后端有一个发达的育儿囊，在生殖期间育儿囊就变得肥厚，并密布血管，这样育儿囊不但能容纳卵子，而且还能供给胚胎所需要的营养，与此同时雌海马的泄殖腔形成一生殖突，此突是把卵子运到雄性体内的插入器官。

在生殖季节，性成熟的海马，一般在早晨发情，先是雄海马追逐雌海马，这时体色迅速变化，体表由黑色变为金黄色或黄色，兴奋达到高潮时，雌雄海马由平排转为相对而游，并且腹部紧紧靠近。进入交尾时，雌海马将生殖突和雄海马张开的育儿囊口相吻合，并将金黄色的卵排入雄海马的育儿囊中受精。受精卵在育儿囊内约经 8—20 天孕育孵化，由父体“分娩”。一般在拂晓产苗，雄海马弯曲和伸直身体交替进行，使其育儿囊受压喷出一团团烟云状物，在水中散逸开，就可见海马子子状的幼苗。幼苗离开父体后即能独立生活。人工饲养时，此时必须和亲体分养，以便于管理和免被亲海马误食。产出幼苗后的雄海马，在水温适宜，饵料充足时，又能性成熟，再度发情交

配。

这种雄鱼能“产仔”的特殊繁殖方式，在动物界是较少见的。

65. 脊椎动物中的“女儿国”

——谈单性脊椎动物

1745年 Charles Bonnet 证明蚜虫能从未受精的卵子繁殖后代，从而发现了第一种单性动物。1932年，Hubbs 宣称发现了单性脊椎动物，为鱼纲花鮑科的 *Poecilia formosa*，到 50—60 年代，单性脊椎动物在鱼类、两栖类和爬行类中被相继发现，目前已发现 50 种单性脊椎动物。

在自然界中，大多数脊椎动物的繁殖是由雌雄个体产生的单倍体生殖细胞（精子、卵子）结合成为二倍体合子，然后发展成雌性或雄性的幼体。但单性脊椎动物却全然不同，它们的种群全部由雌性个体组成，因而被称为“女儿国”。

那么，单性脊椎动物是怎样繁殖的呢？经过研究发现单性脊椎动物有 3 种繁殖方式。

(1) 孤雌生殖型。由卵子直接发育为幼体，完全不需要精子。见于蜥蜴类，目前已发现近 30 种单性蜥蜴。卵子为二倍体。

(2) 雌核生殖型。这类动物产双倍体卵，但这种卵自身不能发育成幼体，必需依靠同种的两性亲缘个体的精子才能发育。换句话说，这类单性动物必需依赖于同种的具雌雄性别分化的正常个体才能繁殖。但精子进入卵后仅起激活卵子的作用，精子的遗传物质不与卵子的遗传物质结合，所产后代完全与母体相似。雌核生殖动物又称“性寄生者”。多数单性鱼类如银鲫为雌核生殖，多为三倍体。

(3) 杂种生殖型。见于一些鱼类和两栖类，它们产单倍体卵，两性亲缘种为它们提供精子，精卵结合，形成合子，但在成熟分裂时，父本的基因组全部被排除，仅形成具有母本基因组的卵子，这些杂种生殖的单性动物实质上是一个永久性的 F1 杂种。

上述 3 种繁殖方式都产生全雌后裔。在自然界中，单性脊椎动物总是与两性亲缘种栖居在一起，形成单性——两性繁殖复合体。

一般认为有性生殖之所以得到进化和发展，是因为在精卵结合过程中不同的基因有广泛的结合机会，为物种的进化和适应创造了充裕的条件。但单性脊椎动物缺少基因重组这样的机会，它们不但没有退化绝灭，反而具有强大的生命力，许多单性物种甚至比两性物种分布还广，生命力更强。合理的解释之一是基因突变。

单性脊椎动物是一类有趣的特殊动物，对于这些动物的研究有助于我们探讨动物世界中有关进化遗传学种生态遗传学中的许多理论问题，有助于开发利用这些珍稀动物资源。

66. 温度与性别

——谈爬行类的性别决定机制

人类生男生女是由性染色体决定的，但在爬行动物，温度对性别控制起着重要作用，称为温控性别现象。实验证明，在 30℃ 恒温中孵化出来的幼龟几乎全为雌性，而在 25℃ 条件下孵化出来的幼龟几乎全为雄性。这种现象已在龟类 5 科 14 属中得到证实，并且在蛇、蜥蜴和鳄也有这种现象。

那么在自然条件下是不是也能得到在实验室条件下同样的结果呢？美国学者在自然条件下对产于沙滩下和树丛中的卵进行研究，测定出两种条件下

的温度，沙滩上受阳光直射，温度高于树丛地区，产于沙滩下的卵孵化出来大多为雌性，而树荫中的多为雄性。并且在一年的繁殖期内（8—9月），先孵出来的雌性占多数，以后雄性逐渐上升，但总的雌雄比例仍为 0.75 : 0.25，因此，市场上的龟多为雌龟。这一研究证明了在自然界中爬行动物的性别也存在着温度调控。

我们知道在生物演化史上，雌雄同体是低等动物的繁殖方式，随着生物进化，发展到雌雄异体。最早的雌雄异体是受环境条件控制的。而由遗传物质性染色体决定性别是生物进化到高级阶段的产物。性别遗传机制早在进化的早期阶段（15 亿年前）就建立了。爬行类是由两栖类进化而来，两栖类的性别是由遗传决定的，换句话说，就是由性染色体决定的，而爬行动物则由温度控制性别，如何解释这种“倒退”呢？

一个合理的解释是：龟要在尽量短的时间内完成发育，这就必需选择温度较高的地方产卵，一般部选择朝南的地方，这样可以减少孵化时间，减少敌害对卵的攻击。

温度对孵化性别的控制是一个累进过程，性别一般在孵化的前四个星期就确定了，也就是说在孵化的前 4 个星期温度高就发育为雌性，温度低就发育为雄性。一般来讲，每日高温作用达 6 小时以上者为雌性，在 4 小时以内者为雄性，4—6 小时者则两性均有。

在龟鳖类中并非所有种类都有温控性别现象，如鳖就没有，另外还有一些种也没有。

那么在有温控性别现象的种类中是否也存在遗传型性别控制呢？根据科学家研究，如果存在温控性别现象，则性染色体缺失，也就是说不存在遗传型性别控制，也无卵胎生现象。反之，性染色体存在者，则为遗传型控制性别。温度控制性别和遗传型控制性别在爬行类中是两种独立演化的机制，他们不可能同时存在于一个物种，大多数蛇没有温控现象，而大多数龟没有性染色体。

对于温度值对性别的控制在不同动物是不一样的，正如前面所述，对龟类，高温产雌，低温产雄，而在蜥蜴则恰恰相反，高温产雄，低温产雌。有的龟却在极端高温和极端低温下都产雌，在中间温度产雄，如鳄龟。

温度对性别控制的分子机制尚不清楚，这是一个非常有趣的课题，人们期待着早日解开这个谜。

67. 这也算做眼泪吗？

——谈动物的盐腺

关于鳄鱼、海龟的眼泪自古以来就有许多的描述，如“鳄鱼的眼泪”、“海龟哭泣”等等。它们真的会流眼泪吗？研究结论是肯定的。但它们的泪水并非是情感的流露，而是为了排除体内多余的盐分。因为它们具有特殊的腺体叫做盐腺，此腺体是调节体内水盐平衡的，以辅助肾脏的功能。由于鳄鱼的盐腺恰好生在眼旁，当腺体使盐带着水分流下时，看起来好像是残暴的鳄鱼在流泪了。

许多种动物特别是生活在海洋里或干旱地区的爬行类动物，如海龟、海蛇、鬣蜥、石龙子蜥蜴和泥龟等，也有同样的盐腺结构（图片 19）。有些科学家认为在某些爬行类中盐腺的重要性超过肾脏，对体内水盐平衡和酸碱平衡均有重要意义。

许多海鸟如海鸥、银鸥、信天翁、鹈鹕、鸬鹚等的盐腺也特别发达（图

20)，盐腺又叫“泪腺”，大多数位置在眼眶上部，也有的分布在鸟的鼻部或喙部。盐腺能分泌出比尿浓度大得多的氯化物，借此把进入体内过多的盐分排出，以维持体内正常的渗透压。

沙漠中的一些鸟类如鸵鸟以及隼形目的鸟类，其盐腺有调节渗透压的功能，能在缺乏淡水，蒸发失水较高或食物中盐分较高的条件下，排出多余的盐分。

这里还需要提到的是生活在海里的硬骨鱼类，由于它的血液和体液的浓度比水环境要低，所以体内水分会不断的渗透到体外，为了维持平衡，鱼就必须大量吞喝海水，其结果体内盐分就要不断增加，因此海中硬骨鱼类的鳃上也有一种泌盐细胞，能把体内过多的盐分排出体外，使体液保持正常浓度。

所有盐腺动物，其盐腺结构基本是相似的，它为泡状小叶组成，上面有许多分泌小管，这些小管从血液中吸收盐分，然后再输送到中央沟，由这里将盐液一滴滴地流出体外。所以动物所流的不是真正眼泪，而是盐泪。

68. 恶劣环境中求生存

——沙蜥

沙蜥是沙漠中生活的蜥蜴的总称。沙漠的环境极端恶劣，气候干燥，气温极高，有的地方温度接近摄氏 93.3 度，年降雨量不超过 7.6cm，有的地方从不降雨，而且气候变化多端，当阳光直射时，温度很高，而半夜里地面可能冰冻，并且沙漠中食物极端贫乏。在这种恶劣环境中，蜥蜴怎样求生呢？

在美国西部沙漠中生活着一种大毒蜥，以雏鸟和小型哺乳动物为食，但由于沙漠不是太热就是太冷，所以能到沙漠表面活动的时间很短，一年中只有 2% 的时间适合于出来捕食，而其他时间则穴居在地洞里躲避冷热。在这漫长的穴居生活中，大毒蜥以降低代谢率来维持生命。

蜥蜴是变温动物，随着外界温度的升降，及时改变体温。到了冬季通过降低新陈代谢，适应外界的冷环境。在炎热的夏天，蜥蜴钻入地下洞穴或草丛中躲避酷暑。

许多蜥蜴皮肤颜色能够变化，在凉快多荫的环境中，它们的皮肤颜色会变深，以吸收较多的热量，而在气温较高的阳光下，肤色变浅，可以反射阳光，使体温不致上升太高。

另外，有的壁虎采用昼伏夜出来避开白天毒热的阳光，还有的蜥蜴以迅速的行动捕捉食物，行动灵巧。

沙蜥具有高超的抗敌本领。在沙漠中有一些蛇类，以捕捉蜥蜴为生。如在美国西部地区有一种菱纹背响尾蛇，常常捕捉蜥蜴，有“蜥蜴天敌”之称，但沙漠中的主角蜥却有对付这种蛇的本领。王角蜥鳞片像匕首一样尖利，可以刺穿蛇的喉部。有的蜥蜴在受敌害威胁时，眼角边的囊会破裂，喷射一种吓退敌害的血液，被人称为“喷血蜥”。

在沙丘的基部，常常可以见到一种个头很大的食草蜥——沙鬣蜥。这种蜥蜴个头很大，连尾一起可达到 30cm 左右长，只以植物的花、芽、果实为食。这种蜥蜴可以在很高的温度下活动，当体温达到 40.5—47 度时仍有活动能力，而这时其他的天敌动物很少活动，这样沙鬣蜥就可以安全地取食。“沙漠中的蜥蜴就是这样以各种方式在恶劣的环境中顽强地生存着。

69. 能在零下 60 孵卵的鸟

——企鹅

企鹅是大型的海鸟，它具有一系列适应海水生活的特征，它的前肢鳍状，

趾间具蹼适应游泳生活。企鹅身上的羽毛很特殊，具鳞状羽毛，其羽轴短而宽，羽片狭窄，紧贴身体，不能弯曲。尾羽长而坚硬。全身皮下脂肪发达，有利于在寒冷地区或水域中保持体温。它在海里生长时间很长，只有生殖季节才上岸，所以它对海洋环境适应能力很强，它可算是海里熟练的游泳和潜水能手。它在水下游泳速度很快，最高速度可达 10 米/秒，1 小时能游 36 公里，能轻而易举地追过潜水艇，所以它有“水下飞行”之称。

一般海鸟都具有较强的飞翔能力，而企鹅却完全丧失了这种能力。它的腿不仅短，并且位置后移至身体后方，它在陆上行走时身体成直立姿势，黑色的头、颈、背部和白色的胸腹部搭配起来，活像穿着一件燕尾礼服的西方绅士。加上它们走起路来摇头晃脑，左右摇摆，真是笨的可爱又可笑。企鹅虽步行笨拙，但遇警时，可将腹部贴在地上，双翅快速划雪，后肢快蹬，其滑行速度非常快。

企鹅在全世界共有 18 种，全部都分布在南半球，而且多在南极或接近南极的区域内，为此提到企鹅，人们就会联想到南极，所以企鹅几乎成了南极的象征（图 21、22）。

企鹅目的代表为王企鹅，它是最大的企鹅。它的体重约 40 公斤，体高为 1.2 米左右，所产的蛋约有 1 斤重，分布在南极边缘地区。企鹅种类中也有小型的，大小似鸭子。根据化石资料表明，绝灭的种类都比现有的种类要大，如巨企鹅体重 60 公斤左右。体高约 1.5 米，甚至有更大的个体。

每到生殖季节，它们就开始迁徙，集成千百只大群飞回到筑巢地区。它筑巢很简单，有 1 平方米左右的地就可以，在硬土、悬崖或在冰上，用石头等物把巢建起。有些种类是在地上挖穴筑巢。据科学家在繁殖地观察，企鹅一般是一夫一妻制，并且大多数的第二年还是原配偶，其中有的长达十几年仍是原配偶。企鹅繁殖期配对是在南极的黑夜季节下进行，待白昼到来前卵已产出。每巢产卵 1—3 枚，孵化工作由亲鸟任意一方承担。卵产在零下 60

的南极冰上，为了顺利的进行卵的孵化，由担任孵化的亲鸟将卵置于脚上，并以下腹部垂下的很松的袋状皮褶将脚面覆盖，从而保证了卵的正常孵化。承担孵卵的亲鸟站在冰上，在这时期它不吃食，是靠消耗体内脂肪维持（最高的绝食记录为 4 个月）。卵经过 60—80 天，小企鹅就可孵出，另一方亲鸟长途跋涉到海边生活也返回来，这时双方共同承担对小企鹅的喂养工作。约半年左右，小企鹅就能离开双亲自己独立生活了。

70. 动物间的默契

——鸬鹚和鹈鹕

鸬鹚和鹈鹕都是水鸟，均属鹈形目，它们是大型游禽，在我国水域多有分布（图 23、24）。

鸬鹚体呈黑色，肩和翼青铜棕色，带有金属光泽，颊部白色，身体较长，颈部细长如蛇，其形象很特殊，体重一般约在 2 公斤左右。它们常集成大群在海湾和岛上生活。鸬鹚不但善游而且潜水本领很高，有时可潜到 1—10 米深的水下，持续 1—2 分钟。潜水时除脚拨水外，翅膀也常作为辅助器官。它们在水下钻来钻去寻找鱼群，找到猎物就用长而尖的钩喙捕抓，将鱼衔在喙端，待浮出水面后再咽下。它很贪吃，一昼夜可吃 1—2 公斤鱼。它们常成群纵列飞翔或贴近水面低空飞行，其翅膀扇动频率比任何鸟都快。鸬鹚经过训练后，可以替人捕鱼，但在捕鱼时要在它的颈部扎以麻绳，以免捕到较大的鱼后自行吞食。

鸕鹚体近白色，飞羽暗黑色，它最突出的特点是喙特大。长可达 50 公分，体重可达十几公斤。其下部悬着一个很大而有弹性的黄色喉囊，以此暂存捕获物。在岸上它很笨拙，但飞翔时扇动着近 2 米的宽大翅膀，相当强壮有力。鸕鹚不会潜水，因为它的羽毛很厚，气囊发达，骨内充气，身体比重较轻，所以只能像鸭子那样把头伸到水下，从浅水中捕鱼吃。鸕鹚也很贪吃，一昼夜可吃 2 公斤以上的鱼。

鸕鹚和鸕鹚虽然不是一个科的鸟，但它们常常集合在一起联合捕鱼，发挥着各自的优势，配合得相当默契。在捕鱼时，鸕鹚排成行并扇动翅膀“呱呱啦啦”地叫着，把鱼赶向浅水处或挡住小湾的出口。这时鸕鹚紧随其后也排成行，而且潜到水下边游边驱赶鱼群。它们一上一下，相互配合把鱼共同赶往浅处，然后各得其所，共享美餐，这也是动物间互相利用的又一典范。

71. 千里迢迢跨重洋

——鸟类的迁徙

鸟类的迁徙是最普遍、最引人注目的一种自然现象，是鸟类对环境条件的一种积极的适应本能。鸟类每年在繁殖区与越冬区之间进行周期的、大规模的和有规律的迁居，它的特点是按照季节、成群结队地沿着一定的方向和路线迁飞。迁徙的距离从几百公里到数万公里。鸟类的迁徙大多发生在南北半球之间，东西半球之间较少见。

海鸟的飞翔能力是很惊人的，如北极燕鸥，它在北极地区繁殖，到了冬季却要飞往南极海岸越冬，其间大致要飞行 18000 公里。南极贼鸥生活在南极圈内，3 个月后却在北极地区的格陵兰岛上捕获，这表明它是从南极飞到了北极，行程约有 4 万公里，看来贼鸥是飞行距离最远的海鸟了。海鸟一般不着陆能连续飞行，连续飞行时间可长达 46—75 小时，时速可达 40—65 公里。如金鸻从苏格兰飞到南美洲，日夜不停地飞行约 4000 公里。

许多海鸟常年在海上生活，而到了生殖季节却能跨洋过海，准确的找到它的老巢，如企鹅每到生殖季节，它们都要回到筑巢地点，即使是把它们带到很远的异地，它们也总是选捷径之路返回原巢地。有人将一只黑背信天翁运到 6650 公里的陌生地方放飞，结果它只用了 32 天时间就回到了原来的筑巢地。一只普通鸕鹚被运到距繁殖地 5100 公里的地方释放，结果它只用 12.5 天的时间也回到了原来的巢穴。还有人作过一些类似的实验也都获得相同的结果，这说明鸟类的迁徙过程中具有相当准确的导航定向的能力。通过实验研究表明，鸟类可以通过日月星辰的位置和陆地的标志定向，这些均属于视觉定向。同时科学家又提出鸟类除了利用视觉信息定向外，还可以利用地磁场定向、风定向、听定向和嗅定向等，这些均属于非视觉定向。

总之鸟类的迁徙是奇妙而又很壮观的行为，鸟类飞行有许多调节机制，不论它们使用哪种调节系统，都能在任何情况下为鸟类飞行定向提供最准确的信息。

72. 滑翔高手

——信天翁

信天翁属于鸕形目，是大形海洋鸟类，外形很像海鸥。但鼻孔很特殊呈管状。信天翁的喙基部有隆起的鼻腺，是一种特殊的海水淡化器，可把体内过多的盐类排除。所以它能长期在海上生活，这也是海鸟共有的一种适应。

全世界共有 13 种信天翁，其中有 9 种分布在寒冷的南极冷水域中，另有 3 种生活在北太平洋，它们大多数不惧寒冷，我国沿海一带较常见的种类是

短尾信天翁等(图 25、26)。信天翁以极大的体魄和惊人飞翔能力而著称。它的翼长而尖,展开双翅时足有 4.2 米长,加上 1 米多长的身体,披着洁白的羽毛,显得格格外英姿飒爽。信天翁可算是最大的海鸟。

信天翁为漂泊性海鸟,除繁殖期外,几乎终日翱翔或栖息在海上,有的在海上渡过四个春秋之后才返回它的出生故乡。它像架巨型飞机环绕地球飞行,环志记载它可作 8000 公里的迁飞。有人从澳大利亚西岸发现一只从克罗泽岛飞来的信天翁,其间距为 48000 公里。还有的信天翁在 12 天内飞行 3000 海里,甚至有的时速可达 60 海里,这样一年里它们可绕南极飞行数次。

在海洋上空,它们舒展双翅,巧妙地进行滑翔,有时在低空中随着气流上下左右摆动宛如滑翔机。一股强风吹送,可滑翔一小时之久,并且可以不停地连续飞行几百里。这种高超的飞翔能力,真可谓鸟类中杰出的滑翔高手。为此人们模拟它的翼尖形状,制成锥形弯曲机翼,用在小型飞机上,这样就大大提高了飞机的稳定性。

73. 借巢育雏

——杜鹃繁殖的寄生习性

早在 2300 年前,亚里斯多德就描述过杜鹃的寄生习性,在我国也早有“鹊巢鸠占”的成语,但对杜鹃占巢的详细描述是近些年来出现的。

英国科学家 Nicholas B. Davies, 和 Michael Brooke 对杜鹃繁殖的寄生行为及进化机制进行了详细研究。在英国,杜鹃的寄主有鸚、芦莺、岩鸚和鹊鸚,不同的杜鹃品系对不同寄主具有专一性,它们产下的卵的大小及颜色与特有寄主相似,如寄生于芦莺的杜鹃产下绿色的卵,与芦莺的绿色卵相似,而寄生于鸚的杜鹃则产下褐色卵,与鸚的卵相似。

杜鹃是怎样欺骗寄主的呢?让我们以芦莺——杜鹃为例来描述一进化过程。

芦莺在 5 月末开始筑巢,巢筑于水面芦苇丛中。在芦莺筑巢时,杜鹃在一旁监视着。等芦莺产卵后,雌杜鹃仍在一旁等待,直到两只芦莺离巢的空隙时间,雌杜鹃迅速地滑翔落到巢内,用嘴噙起一个寄主卵,然后迅速地将自己的卵产于巢中后飞走,前后只不过 10 秒钟,然后将寄主卵吞而食之。

由于杜鹃卵与芦莺很相似,芦莺不能鉴别而将它孵化出来。雌杜鹃产卵时间选择很巧妙,它不会在芦莺产卵前将自己的卵产于巢中,也不会产卵时将所有的寄主卵推出巢外,只是以一换一,而把消灭寄主卵的艰巨任务留给以后刚孵化出来的小杜鹃来完成。实验表明雌杜鹃的这种产卵策略对芦莺的产卵习性是很好的适应。因为芦莺在本身产卵前要排出窝内的卵,而在自身产的卵数目急剧下降时又会弃卵而去。

芦莺不能识别自己的卵和杜鹃的卵,照旧进行孵化。杜鹃孵化期较芦莺为短,小杜鹃在小芦莺之前孵化出来,当小杜鹃还未睁眼时,就把寄主卵拱在背上,一个接一个地抛出巢外。芦莺不能识别自己的幼鸟和杜鹃的幼鸟而将其哺育长大,芦莺像对待自己的幼鸟一样,捕捉食物喂幼杜鹃。幼杜鹃独享母爱,慢慢长大了,个体比芦莺大得多,张着红色的大口等待芦莺饲喂。杜鹃长大离巢后,芦莺还栖息于杜鹃背上,为比自己体重大 8 倍的杜鹃喂食。

杜鹃的这种寄生习性是在长期进化中形成的,为了避免它的卵被寄主识别,而进化出产与芦莺相近似的卵,产卵时间和机制也很巧妙。

74. 下蛋的哺乳动物

——鸭嘴兽

鸭嘴兽是分布于澳大利亚和其周围岛屿的一种稀有哺乳动物，它的外形很奇特，体表有毛，头部具有鸭嘴状的喙，身体后端具一扁平的尾，四足具蹼，趾端具爪。一般体重为 1.7 公斤，体长 40 多厘米，寿命可达 12 年。

鸭嘴兽可以生活在河流、湖泊的岸边，穴居，可以在陆地上爬行。白天隐蔽在水中洞穴内，晚上则在水中用它鸭嘴状的喙来寻觅底栖的软体动物、甲壳类和昆虫幼虫，四肢的蹼和扁平的尾是它们适应于半水栖生活的特征。

鸭嘴兽的喙是重要的感觉器官，喙表面有一些孔，孔内有机械感受器和电感受器，分别接受触压刺激和弱电场刺激，将冲动通过神经传达到脑。有些底栖无脊椎动物活动能产生弱电流，所以能被鸭嘴兽发现。

鸭嘴兽具有一些哺乳动物的特征，如身体被毛，具乳腺并哺乳，有肌隔和左体的动脉弓，体温恒定（32℃），由于这些结构特征将鸭嘴兽纳入哺乳动物纲是没有疑问的。

但鸭嘴兽又具有一些类似于爬行动物的特征，最典型的是生殖方式为卵生，并且体外孵化。此外鸭嘴兽没有外耳及外耳壳，无肌肉质唇，大脑半球不发达，其上没有沟回，在左右大脑半球之间也没有相联系的神经纤维——胼胝体，而且泌尿和生殖系统，还有直肠开口于一个共同的口。这些特征都与爬行动物相似，而明显地区别于哺乳动物。根据上述结构，一直把鸭嘴兽作为哺乳纲中最原始的一类动物。

现在有人认为鸭嘴兽是一种极特殊而又非常适应现代环境的一类哺乳动物。

鸭嘴兽在 11 岁时还能繁殖，但不是每年都繁殖。在繁殖季节的夏秋季，雌兽还为产卵孵卵筑专用巢，在内铺上草和树叶。鸭嘴兽乳腺很发达，而且与其他哺乳动物一样，具有乳头，只是被毛所覆盖而已。而过去认为鸭嘴兽没有乳头是不对的。

随着近年来学者们对鸭嘴兽的进一步研究，过去的一些看法正在被动摇，如过去认为鸭嘴兽体温调节能力很差，导致了它们分布区域的狭窄。近年来发现鸭嘴兽调节体温的能力比某些真兽亚纲的有胎盘哺乳动物还强，体温调节是通过调节代谢率实现的，而毛皮的绝热值很高，使体温能够恒定在 32℃。

75. 雷达与反雷达

——谈蝙蝠与蛾子

蝙蝠是一种能飞行的哺乳动物，出没于清晨、傍晚，捕捉昆虫为食。蝙蝠的眼退化，但发声器官与听觉器官（耳）发达。早在 1793 年，意大利一位生理学家就发现，瞎眼的蝙蝠能在很远的地方返回住地，而且能正常生活。他认为蝙蝠的正常飞行有赖于耳朵功能的完好。直到本世纪 40 年代，才有人指出，蝙蝠自身发出声音的回声是用来导航的。虽然蝙蝠的黑暗中避开障碍物能自由飞翔的事实早为人们所知晓，但它的回声定位功能很晚才发现。

蝙蝠导航用的叫声是一种人类听不见的超声波。我们知道，人的耳朵能听到 16—20000 赫兹的声振动。超过 20000 赫兹的振动叫超声波。蝙蝠就是利用超声波来探测目标的。像其他哺乳动物一样，蝙蝠也是用声带发声，但控制声带的喉部肌肉特别发达。它们发出的超声波频率一般在 40—100 千赫范围内。在飞行时，蝙蝠利用喉头产生超声波，通过口或鼻孔发射出去。这种超声波遇到食物或障碍就反射回来，由蝙蝠的耳朵接收，于是它就可以判定目标的位置和距离：是食物追上去捕捉，是障碍就躲开它。这就是回声定

位。事实上，回声定位的机制目前尚不十分清楚。蝙蝠可能根据发出声音与收到回声的时差来确定物体的距离，依靠回声到达两耳的不同时间和不同强度来判断物体的方位，利用回声波形的变化来识别物体的性质。

蝙蝠的回声定位是很灵敏的，一向有“活雷达”之称。然而各类蛾子却具有逃避蝙蝠捕捉的方法。有的蛾子在离蝙蝠10—300米的地方就感受到蝙蝠的叫声，当蝙蝠离它大约6米时，就突然收起翅膀向下俯冲，然后再鼓起翅膀转几个小弯降落在地上。所有这些动作，都使蝙蝠难以捉到它。

原来，这种蛾子有一套“反雷达”装置。在它们胸部和腹部之间的凹处有一个鼓膜器。它实际上是一个腔，腔内充满气体，有一个感觉器固定在腔的内表面，感觉器上有听觉细胞。这种鼓膜器就是专门截收蝙蝠超声波的“反雷达”装置。实验表明，利用鼓膜器，蛾子可以发现6米高，30米远的蝙蝠。这样，蛾子就能比较早地防御蝙蝠的威胁。如果蝙蝠“雷达”发现夜蛾，蝙蝠的叫声频率会迅速上升，而蛾子也就凭借鼓膜器截听到的蝙蝠超声波，得知自己已处在危险中，这时蛾子也就采取紧急措施，或者不断地变换飞行方向，或者干脆收起翅膀扎到杂草中逃命。

除了鼓膜器之外，有的蛾子足部关节上有一种振动器，能发出超声波，干扰蝙蝠的回声定位，有的蛾子感受到蝙蝠的超声波后，释放某种蝙蝠所讨厌的化学物质，迫使蝙蝠远离。这些事实说明，在生存竞争中，有些蛾子形成了反蝙蝠回声定位的功能系统。由此看来，尽管蝙蝠有“活雷达”之称，要捕到一只蛾子也并不那么容易。

76. 鸣声最响的昆虫

——黑蚱蝉

黑蚱蝉在昆虫纲属于同翅目中的蝉科，是蝉科中体型最大的种类，体长50毫米，也是昆虫中发音最响的鸣虫，一般一公里之外便可听到它的鸣声。蝉的声音不是从口腔中发出的，而是依靠生长在腹部的特殊发音器官发出声音。

我们首先看一下黑蚱蝉是怎样发育的。它在我国2—3年才完成一代。雌性成虫发育成熟后，便用腹部锥状的产卵器，把卵产在植物新生的枝条上，每处产卵30—50粒，一只雌虫可产卵300—700粒。雌虫产完卵后，将身体退居到产卵部位的下面，并用前足上的锯齿将枝条的韧皮部挫伤，伤口上部的枝条不久即枯萎，待冬季来临时，寒风便将枯枝自伤口处折断，连同卵粒落到地面。在枯枝内过冬的卵，静静地等待着来年春暖时节，并借助地表湿度，孵化为一只只白色的幼虫，挣脱开裹着的卵膜，利用它那善于掘土的前足，很快便钻入土中，寻找树木根系，将锥状的嘴刺入，吮吸汁液生活。经过漫长的时间，脱去7次以上皮，才进入老熟期，到夏季多雨季节，挖个垂直的洞，趁天色暗淡时钻出地面，爬上树干，通过“金蝉脱壳”之计，脱下幼虫时期的外壳，变成成虫。

雄蝉有发音器官，雌蝉只会产卵，繁殖后代。蝉的发音器官生长在腹部两侧，整个器官由盖板、镜膜、声鼓和共振室四部分组成，此外，还有操纵这些器官的发达的肌肉（声肌）和神经系统。当蝉要发声时，声肌开始收缩，使声鼓上的薄膜往里拉，拉到不能再紧的时候，声肌迅速松弛，声鼓上的薄膜便恢复原状。这种发出声音的原理，很像人们用手指捏着一个空铁皮罐头筒，不停地用力交替压迫和放松罐壁，所发出的粗糙而单调的声音一样。当声肌收缩快时，音节就短，收缩慢时音节就长。收缩的弹度大，声音就响，

收缩强度小声音就低。再加上上面那块革质很强的盖板，时快时慢地起伏着，起着“吹笛捏眼”的作用。共振室起着增高音量的作用。因而蝉才能攀上枝头，“引吭高歌”。

77. 能到水外活动的鱼

——攀鲈、弹涂鱼和肺鱼

“如鱼得水”这句成语，很准确地表达了鱼类和它们的生活环境——水的密切关系。真的，鱼只有在水里才能生活，才能呼吸、摄食和繁殖。但是自然界中也有一些鱼，它们能在一定的时间内生活在水外。

栖息在我国南方以及印度、缅甸和菲律宾群岛的攀鲈，可以在水外生活很长时间。当池塘干涸的时候，这种不大的鱼就躲藏在潮湿的淤泥中。如果气候干燥得很厉害，攀鲈就会放弃这个池塘，另外寻找新的生活地方。攀鲈用坚硬的胸鳍和鳃盖上尖锐的钩刺在陆地上行动。有人曾见到，这种鱼先用身体一侧的鳃盖和胸鳍前行，过一会又翻向另一侧，再用这一侧的鳃盖和胸鳍向前运动。这种鱼所以能在水外生活，是因为在它们的鳃室里有一种称为迷路的器官，实际上是鳃弓的骨骼变薄并形成复杂的卷曲，上面密布毛细血管，可以与空气中的氧气进行气体交换。

自己会跳到陆上来，身体不大的热带鱼——跳弹涂鱼，也能在水外生活一个相当长的时间。它们生活在赤道非洲的海岸旁。当潮水高涨时，跳弹涂鱼活动在被水淹没的红树灌木附近。当退潮的时候，人们能见到一幅奇特的景象：它们在露出水面的红树树根之间，又爬又跳地捕食着小昆虫、蠕虫和其他无脊椎动物。这些小鱼所以能离开水生活，是因为在鳃前的喉部保留着一部分使它们湿润的水。

澳洲肺鱼，非洲肺鱼和美洲肺鱼也能在水外生活。它们除了用一般的鳃呼吸之外，还能吸进，或者说吞进大气中的空气。空气经过消化道的前部进入鳔内。这些鱼体内的鳔起着肺的作用，构造很像肺，里面有分支繁多的血管网，这里可以进行气体交换。平时，肺鱼生活在水塘中，不需要进行肺呼吸，但是，当它们栖息的池塘干涸时，这些鱼主要地、甚至完全地用“肺”呼吸。

非洲肺鱼在水完全干涸的期间，把自己藏在淤泥中，并用身体分泌的粘液使周围形成一个坚定的淤泥小屋，类似于蚕作的茧，对嘴的地方开一个呼吸孔。在这样的“屋”内，它们能渡过几个月，等到雨季到来时，这些鱼又恢复活跃的生活。有一次，有人把一个里面还住着肺鱼的“泥屋”带到欧洲，用温水把“泥屋”溶解开，肺鱼又复活了。后来，它被饲养在一个水缸里，在那里生活了好几年。

78. 奇异的渔夫

——穗鳍鱼、腾鱼、射鱼和鮟鱇

鱼类捕捉食物的器官及行为是极其多样化的。

鮟鱇鱼为深海鱼类，我国南海可以捕到它。平时这种鱼不爱活动，游泳和追逐食物亦不灵巧。但是它有一种绝妙的捕食方法。从外形上看，鮟鱇长得很笨重，可是由于它的第一背鳍棘变成了一个长长的“钓竿”，在这根钓竿的顶端又有一个肉质的“穗”，这个“穗”就是它饿不死的活饵料。鮟鱇鱼经常把身体埋在深海的泥沙中，而在这根“钓竿”却一直露在水中自由摆动着，周围游动着的小鱼会以为这个肉穗是条小虫，所以贪吃的小鱼刚刚要吃这条“小虫”时，狡猾的鮟鱇便把大嘴一张，这时周围的水便

形成一股向内的水流，贪吃的小鱼反倒成了鮟鱇鱼的腹中物。

另外值得一提的是，鮟鱇鱼有一种奇特的婚姻关系。这种鱼孵化后，雌性像其他鱼一样发育生长，而幼小的雄鱼却要马上找“对象”，找到雌鱼后便立即附着在雌鱼身上。一般附着在头部、鳃盖下、身体腹部或侧面。过一段时间后，幼小的雄鱼的唇和身体内侧就和雌鱼的皮肤连在一起，最后完全愈合。从此，幼小的雄鱼过着寄生生活，靠吸食配偶身体里的血液维持生命。在此期间，除生殖器官发育长大以外，其它器官一律停止发育。以前曾捕到一条 1 米长的雌鮟鱇鱼，而附着在它身上的雄鱼仅有 2 厘米，好像雌鱼身上的一个肉瘤，真是名副其实的“小女婿”。

另一种深海中的鱼叫穗鳍鱼，它的引食工具的结构更加复杂。它的背鳍棘变得像许多条钓竿和树枝，每一条的尖端各有一个膨胀物——“诱饵”，而且这种“诱饵”还能发出荧光，把小鱼、小虾和其他小动物引诱过来。

地中海的瞻星鱼（躄鱼）基本上也是一种生活在水底的鱼类。它能把下唇的红色突起物从嘴上伸出很远。这根狭长的下唇突起物，在沙底上活动时很像一条蠕虫。被这个“诱饵”引诱来的小鱼很容易就被这种凶猛的鱼吃掉了。

还有一种稀奇的小鱼，它和所有其他鱼一样也生活在水中。但是它能捕食岸上的昆虫。这就是在南洋群岛以及波里尼西亚群岛附近的色彩鲜艳的射鱼。这种鱼常常在沿岸游来游去，注视在岸边植物上停留的昆虫。当发现有了可以捕捉的对象时，它就从嘴里射出一股水流，把昆虫打落到水里。旁观的人常常对它们射水的准确性感到惊讶，因为从它们嘴里射出来的水流能够不偏不倚地击中目标——昆虫。现在有些水族馆里饲养着这种鱼，经驯化，给予一定的信号就能使其射水，供人们观赏。

79. 胎生不一定哺乳

——谈动物界的胎生

动物的生殖方式可以分为卵生（即通常所说的下蛋）和胎生（胚胎在母体内发育，并靠一种特殊的结构与母体发生营养物质的交换，到一定时间胎儿产出）。介于两者之间还有卵胎生，母体产出的也是胎儿，但与胎生的区别是胎儿虽然在母体内发育，但发育中不与母体发生营养物质的交换。

胎生是一种较进化的生殖方式，几乎所有的哺乳动物都是胎生，胎儿产出后，又得到母亲乳汁的哺育——即哺乳。在动物界，胎生的动物非常多，如无脊椎动物中的多毛类、昆虫以及脊椎动物中的鱼类、两栖类和爬行类中都有发现，但胎儿产出后用真正的乳汁喂养的动物除哺乳动物外，在其它动物都无先例。

萃萃蝇是一种胎生昆虫，繁殖期间每次有一个卵子成熟，进入扩大的输卵管（子宫）内。有两个大的卵黄蛋白腺体开口在子宫内，胚胎吸附在腺体的突起上，靠腺体的分泌物喂养胚胎。整个胚胎期及至幼虫发育的蜕皮都在子宫内进行，成熟后产出。它的幼体取食期也在母体内渡过。一旦幼虫产出，另一枚卵又重复上述过程。

蝎子也是胎生的，胚胎发育在输卵管内，营养物质的转运靠一个从母体到胚胎之间的特殊结构来完成，幼体产出后，即自由生活。

许多软骨鱼类都是胎生，并且有胎盘形成。现在已知的 1200 种板鳃类中，有 400 多种为胎生。例如星鲨 *Mustelus canis* 有一个由卵黄囊和母体输卵管壁交叉形成的发育较好的胎盘，胚胎的毛细血管和母体的毛细血管

发生了密切的关系。有大约 15—20 毫米的脐带连接母体与胚胎。脐带中有一条大的动脉和静脉为胚胎之间运输血液。

矛尾鱼是一种。“活化石”鱼类，它繁殖时也有一个卵黄囊胎盘，幼体为胎生。有些真骨鱼类、两栖类和爬行类也有胎生的种类。但爬行类的胎盘比较完善，为尿囊绒毛膜胎盘，与哺乳动物相同。在真骨鱼类中的海马，有一种奇特的“胎生”现象，就是雄性怀孕。雌性以正常的方式产卵，雄性将卵受精后就将受精卵装入一个位于腹部的特殊的孵化囊中，整个发育过程都在孵比囊中进行，几个星期后，幼海马产出，每次可产幼海马 200 多条。

分布在美洲的淡水鱼类——花鲈科鱼类也是胎生的。受精卵在卵巢内发育，在发育的后期，胚胎从卵巢内获取营养。从卵巢腔的上皮层长出许多不规则的突起，通过鳃裂进入到胚胎的咽部，营养物质由此进入到胚胎的消化道。

有一种分布在西部非洲的两栖类叫泳蟾 (*Nectophrynoides occidentalis*)，它们生活在海拔 1200 米的地方，这一地区的旱季和雨季交替明显。旱季时，这种蟾蜍钻入地下。受精发生在雨季的末期，幼蟾出生在下一个雨季的中期，这表明这种动物的胎生是对气候的适应，使胚胎发育免受干旱季节的影响。在输卵管的子宫部位，具血管丰富的绒毛。胚胎的尾部扩大，可能是一种吸收养料的器官。干旱季节，成体钻到地下不活动，但卵巢的黄体却非常活跃，它可以延缓胚胎的发育和卵子的成熟。雨季来临时，黄体迅速退化，同时，幼体发育加速，下一批卵子也进入最后的成熟阶段，随之幼体出生。成体的卵子成熟，交配，又开始下一个繁殖周期。

80. 大熊猫是熊吗

——关于大熊猫的祖先

大熊猫是我国的特产动物，分布在四川西部及陕西、甘肃南部。由于大熊猫长相非常可爱，加之数量非常稀少，成为人们最珍贵的动物，不仅中国人喜爱它，世界各国人民也都非常喜爱大熊猫。

然而大熊猫的分类地位却一直是科学家争论的焦点。最早的研究把大熊猫划分到浣熊科，大熊猫与浣熊科的代表动物小熊猫在骨骼特征上有些相似。但小熊猫外形与大熊猫绝然不同，它的体毛红棕色，具有一条又长又大的尾，尾上有九道黑圈。后来又有人根据更深入的解剖学研究，认为大熊猫应该划到熊科。到 1986 年，佛罗里达州立大学的生态学家 John F. Eisenberg 和纽约动物学会的 George B. Schaller 建议把大熊猫单独列为大熊猫科，这个观点已被一些人接受。

大熊猫的样子看起来很像熊，但又有许多根本不像熊的特征，如大熊猫具有六个指头，可以用来剥竹子。另外，大熊猫不像熊那样进行冬眠，而且叫声独特，像羊一样发出咩咩叫声。在染色体方面，大熊猫与熊也有较大差异，似乎更类似于小熊猫，为 22 对，而熊为 37 对。把大熊猫归为熊科似乎有点勉强。

但进一步从分子水平上研究大熊猫与熊的关系，又得出了不同的结论。根据蛋白质电泳，DNA 杂交以及染色体带型分析，大熊猫都与熊接近。关于染色体对数的减少可能是两对端着丝粒染色体结合形成一个中着丝粒染色体的结果。鉴于上述分子进化研究证据，Stephen J. O'Brien 1988 年提出一种新的观点，即把大熊猫放在熊科，作为一个亚科，即大熊猫亚科。而小熊猫和浣熊都属于浣熊科，分别为小熊猫亚科和浣熊亚科。熊科和浣熊科在大

约 3500 万年至 4000 万年前就从一个共同的食肉类动物祖先分离出来。

目前为止，关于大熊猫的归属已争论了一百多年，科学家不断地探索，提出新的见解，大熊猫的神秘面纱正在被揭开。

81. 效率最高的太阳能转换器

——北极熊的毛皮

在地球的北极，北冰洋沿岸以及北冰洋中的大部分岛屿，生活着一种动物，它身高一米多，体长两米有余，体重可达 700 多公斤，毛色如同冰雪，这就是北极熊，也称作白熊。北极熊的一生是在冰上生活的，它的脚掌松软，有助于抓住冰面，脚趾之间长有粗毛，在深雪中行走不会感到吃力。北极熊最喜欢吃海豹，也捕食北极地区的其他动物，如狐狸、幼年的北极海象、海鸟和鱼类等。

北极熊为什么能生活在寒冷的北极，过去人们只知道北极熊有几厘米厚的皮下脂肪层，还长着水很难渗进的毛，耳朵和尾巴都很小，所以认为它有出色的耐寒性。

近年来，科学家们对北极熊的毛皮作了进一步的研究，发现它能以 95% 以上的效率把太阳辐射光谱转变为热能。而在周围温度降到 0 时，高效能的人造太阳能收集器将太阳辐射能转变为热能的效率也只有 40% 左右。

北极熊的毛皮能转换太阳能的奥秘是前些年加拿大政府对北极格陵兰海豹进行群体研究间接发现的。白色的海豹在北极冬天的白色背景下是很难跟踪观察的。研究人员设想从飞机上拍摄的红外照片能跟踪这种动物，因为红外线照相可以测到从海豹身上向北极寒冷的空气中释放的热量。然而这一计划失败了，因为海豹具有良好的天然隔热装置而使身上的热量几乎毫无散失。

与此相反，紫外照相能解决跟踪海豹的问题。因为环境中的冰雪可以反射紫外光，而海豹的毛皮则会吸收紫外光，所以在照片上它比周围冰雪的颜色要深得多。随后的研究表明，北极熊的毛皮也能吸收紫外辐射，且被证明是最有效的紫外光吸收者。

为什么北极熊的白色皮毛能大量吸收紫外光呢？美国的科学家对它进行了研究。电子显微镜观察表明，北极熊的毛皮实际上是无色的，而不是白色的，这种透明的毛与石英纤维相似。从横切面上看，中央有一个网状核心，周围是一固体的毛干（皮质），皮质的内表面相当粗糙。毛的核心（毛髓）能把射入的辐射光散射开来，使毛呈白色的外观（这种光的散射效应也是使雪花呈白色的原因）。这种毛能以某种方式把散射的辐射光包括紫外光传送到皮肤表面，在这里被吸收并转变成热能。

利用这些知识，有人对太阳能接受器进行了改进。如果平板太阳能收集器填满毛发样纤维的话，其效率能增加 50%。我们知道，大多数辐射（特别是紫外波长的辐射）都能透过云层，因而在多云的天气也能射到太阳能收集器上。这样的系统也不需要使收集器随太阳而转动的复杂的跟踪装

置，因为填满毛发样材料的收集器不管太阳辐射来自何方都能吸收辐射。

82. 同归于尽

——鲸类“集体自杀”之谜

鲸是生活在海洋里的一种哺乳动物。它们是胎生的，幼鲸生下来就吃母鲸的乳汁。和其他哺乳动物一样，鲸用肺呼吸，所以经常浮出海面呼吸新鲜

空气。它们换气时，先将肺里的空气吐出来，由于肺内的压力很大，强有力的水流冲出水面时，会把海水也带到十几米高的空中，形成美丽壮观的海上喷泉。另外，在寒冷的海洋里，鲸喷出的气遇到外界的冷空气，会凝结成雾状水珠，这些水珠和被带上去的海水一起，组成了这股美丽的喷泉。

关于鲸类，有一个不解之谜，激发着人们不断地探索，那就是关于鲸类成群搁浅死亡的事件。

鲸类集体搁浅死亡的事件，不是偶然的，个别的，而是在古代就有过记载。在我国汉代史学家班固所撰《汉书·五行志》中，就有鲸鱼集体自杀的记述。这一记载距今 2000 年，应当是世界上最早的鲸鱼集体自杀的记录了。1985 年 12 月，我国福建省福鼎县秦屿湾 12 条抹香鲸集体自杀；1977 年 7 月，在加拿大波林半岛，上百头鲸鱼拼命地冲上海滩。当地渔民发现后，想方设法地拯救这些鲸，想把它们赶回到大海里，尽管人们费尽了心机，成群的鲸仍然赖在原地哀叫着、挣扎着，眼睁睁地一步步走向死亡。根据近 70 年的不完整统计，已有近万条鲸鱼搁浅死亡，几乎包括鲸目动物的每一个种。

鲸类为什么成群地趋向岸边的“墓地”搁浅死去呢？许多人提出了各种各样的解释。

在古代，有人把这种现象解释为鲸的“集体自杀”行动。现在人们也一直沿用这种说法。实际上这是不科学的。因为鲸是没有思维与主观意识的一种海兽，“自杀”念头从何谈起。

现在，科学家们已经积累了大量的鲸鱼搁浅资料，对鲸鱼的行为、解剖与生理学研究也取得了重大进展，对鲸类搁浅的原因作出了较合理的解释。

首先，人们证明了鲸类有声纳系统。这种系统具有回声定位的功能，即鲸鱼发出某种高强度的声波，再借回声信号来分辨其所在的位置和周围环境的情况，以决定其游动方向。鲸鱼声纳所发脉冲信号是向上、向前，鲸鱼只有靠不断地摇头晃脑，甚至改变方向才能完全了解四周的情况。在上述事件发生时，可能是鲸的回声定位功能失灵了，使它们辨错了方向，采取了盲目的行动。

那么是什么原因使鲸的回声定位功能失灵了呢？科学家按着鲸鱼声纳的工作方式，用船代替鲸鱼，到倾斜度很小的海滩、浅湾，结果发现，倾斜的海滩，往往扰乱甚至消除自表层水平方向进行的音波的回响，音波常越过倾斜的海底继续向前传送，以致声纳仪器虽然指示相当的水深，而实际上船已接近海滩，甚至几乎搁浅。荷兰学者杜多克曾分析了 26 种鲸类、133 个搁浅事例，说明鲸类搁浅的地点，多半是低洼的海岸，水下是沙质的浅滩、海滨浴场、砾岩或含淤泥冲积土的地段，鲸类一旦进入这一类地方，回声就不能准确地返回，使其陷于浅滩。

为什么鲸类搁浅总是采取集体行动呢？这与鲸类的种群行为密不可分。齿鲸类多是集群活动，一般由较大的雄鲸鱼来控制整个鲸鱼群。另外鲸鱼也具有一种保护物种的本能。一旦种群中某一成员生病或行动不便时，其他成员会奋不顾身地帮助它。这样就会使整个种群陷入悲惨的境地。

不妨举个例子来说明这一点。在新西兰大巴里埃岛，有几头搁浅的海豚发出了遇难信号，当时还有几头海豚在浅水里自由地游着。岸边的人员看到这一情景，就把其中离海岸较远的海豚运到深水处，想让游在岸边的海豚听到这刚放进深水区的同伴发出的信号以后，会自动地脱离危险地点，可事与愿违，刚运走的两只海豚却固执的游回来，最后和已经遇难的同伴呆在一起。

从上面可以看出，鲸类成群搁浅死亡的原因，可能与回声定位的失灵和鲸类的种群行为有关。开始时，由于回声定位的障碍，个别的鲸落入浅滩，然后依照集群的习惯向同伴呼救，于是其他鲸为保护同伴就赶去援救。这种本能是在长期的自然选择中建立起来的。可是谁能料到，这种行动不仅不能援救同伴，反而使整个群体被推进死亡的深渊。

现在人们虽然能对鲸鱼出现搁浅的原因作出较合理的解释，但还需要继续研究其发生的各种原因，以便制定出相应的对策，防止这类悲剧的发生。

83 育儿袋内孵卵的哺乳动物

——针鼹

针鼹是鸭嘴兽的近亲，只分布于澳洲大陆，并且很稀少。针鼹浑身长有硬刺，与豪猪很相似，但它的吻部裸而长，舌头长筒状，以蚂蚁为食，成体体重可达4—5公斤（图27）。

针鼹和鸭嘴兽一样，排泄、生殖和消化系统开口于一个共同的部位，称为泄殖腔，因此得名单孔类。针鼹也是产卵的哺乳动物，卵产出后，可能被针鼹推入泄殖腔附近的育儿袋内。每隔一年只产一个卵。针鼹的寿命可以达到49岁（在人工饲养条件下），在野外为16岁。

关于卵生哺乳动物的发现在19世纪引起了科学界的轰动。尽管土著的澳大利亚人知道针鼹是产卵的，但从1792年得到第一只标本开始，科学家对此却怀疑了92年之久。1884年，南澳洲博物馆馆长J. Wilhelm Haacke发现针鼹的育儿袋内有一只卵，同时，苏格兰的自然科学家W. H. Caldwell也发现了这个秘密，不久又得到一只鸭嘴兽的卵，从而证实了单孔类为卵生。

以后，科学家对针鼹的繁殖习性进行了进一步的调查。由于针鼹活动隐蔽而且独居，使研究碰到很大困难。在野外，针鼹一听到什么动静就一动不动，使人很难发现它。通过土著居民的帮助，德国生物学家Richard W. Semon对针鼹的繁殖进行了研究，得出针鼹一年交配一次，亲代哺育的结论。但对针鼹交配方式、妊娠所需时间，给胎儿提供营养和氧气的暂时性结构特征，幼体出生后及哺乳期的长短、状态和能力，以及这种动物多少年可完全长大及性成熟均一无所知。

直到125年后，1987年才逐渐对上述问题有了答案。

由于针鼹独居，繁殖季节雌性发出一股浓郁的麝香味，雄性也发出气味，互相联系。在求偶期间针鼹有集群的行为，一般雌性在前，雄性在后。妊娠期21—28天，然后产出。

针鼹卵皮质柔软，直径约为13×13毫米，与一粒小葡萄相似。针鼹卵产出后要在母体育儿袋中孵育10—10.5天。孵化时，幼体以卵齿叩破卵膜。刚孵出的幼体只有13—15毫米长，重0.27—0.39克，要在育儿袋内生活53天才成长幼体。然后幼体生活在洞穴内，母体定时喂奶，哺乳期长达200天。针鼹的乳腺没有形成乳头，只是在育儿袋内一定区域有100—150个分别开口的乳腺孔。

目前还有一些没有搞清楚的问题，如该动物的日常生活规律，幼体离开洞穴后和母体的关系，动物繁殖的年龄阶段等均需进一步考察。

84. 水中的“大熊猫”

——白暨豚

白暨豚是生活在我国长江中下游的一种哺乳动物，体形与海豚相似，长达2米左右，估计寿命可达几十年。胎生，哺乳，雄性4岁达到性成熟，雌

性 6 岁达到性成熟，每胎一般产一仔。白暨豚的分类地位属于哺乳纲，鲸目，白暨豚科。

由于白暨豚是肺呼吸，鼻孔只有一个，位于头顶，呼吸时头和鼻孔都要露出水面。白暨豚以鱼类为食，口中具有牙齿，但一般不咀嚼，鱼是被吞入腹中，每天所吃的鱼相当于体重的 1/10。

白暨豚的眼很小，视觉不发达，主要靠回声定位。白暨豚可以发出啸叫声，用于相互联系，还可以发出的答声，为回声定位信号，用于探测目标。

1981 年在广西桂平县发现原白暨豚化石，推测原白暨豚生活于距今 2000 万年前，可能是白暨豚的祖先。现存白暨豚的下颌骨和牙齿与原白暨豚的很相似，说明它还保留着古老的性状，因而被称为“活化石”。

目前白暨豚的数量已很稀少，分布江域也减少很多，据南京师范大学周开亚教授的研究，白暨豚的数量已降到危险水平，现存数少于 300 头，在各种危害因素影响下，有立即灭绝的危险，为濒危物种。

由于白暨豚是我国特产动物，其珍贵程度不亚于大熊猫，因而又被称为“水中大熊猫”。

我国已将白暨豚列入一级保护动物名录。世界自然保护联盟物种生存委员会在 1986 年把白暨豚列入世界最濒危的 12 种动物之一。要想挽救白暨豚，必需采取一系列措施，如严禁在江中引爆炸药捕鱼，因为引爆炸药捕鱼，一方面使鱼类资源受到严重影响，减少了白暨豚的食物，一方面还会炸死白暨豚。另一方面要保护长江的生态系统，防治水污染，并且加强对白暨豚繁殖生物学研究，建立保护区等。

85. “四不像”

——麋鹿

麋鹿是一种大型鹿类，原产于中国，体长可达 2 米，肩高 1 米多，体重可达 200 多公斤。雄性长角，角有分枝。颈下有长毛，尾巴比一般的鹿长，有 30—40 厘米，蹄子比一般的鹿宽大并且能分开。由于麋鹿的形态与其他鹿类不同，所以在动物分类学上把它单列为鹿科中的一个属，以区别于一般的鹿科动物。由于麋鹿有上述独有的特征，因而又被称为“四不像”，即尾像驴而非驴，颈像骆驼而非骆驼，蹄子像牛而非牛，角像鹿而非一般的鹿。

麋鹿起源于更新世晚期，距今 200 多万年，几乎与人类起源的历史相同，在距今 1 万年到 3000 年期间繁衍最为昌盛发达，以后逐渐衰退，在上个世纪内野生麋鹿种群就已绝灭了。根据比石记载，麋鹿曾经广泛地分布于我国东部广大地区，其化石曾经在殷墟及周口店等古代遗址中大量发现，说明它过去数量很多，而且是当时的一种主要狩猎对象。麋鹿绝灭的原因可能是大量捕杀，另一方面可能与环境的变迁有关。

在清朝时只有北京城南的南海子皇家猎苑中放养的 100 多头麋鹿。1865 年法国神甫阿尔曼·大卫发现了这种动物，并设法购得标本送往巴黎鉴定，结果在 1867 年发表了新种，并命名为“大卫鹿”。此后欧洲好几个国家先后从中国获得了这种珍贵的活鹿运到国外，但只有英国的 18 头麋鹿繁殖良好，目前世界上现存的麋鹿都是那群的后裔。而中国的麋鹿由于洪水和八国联军战乱全部消亡。解放后，英国先后将 4 对麋鹿送还我国，1985 年英国乌邦寺的主人 Bedford 公爵又赠送我国 20 头麋鹿，1987 年又引回 18 头一龄母鹿，恢复了南海子麋鹿苑。在其他一些动物园也有麋鹿饲养供人们观赏。目前我国麋鹿总数已达 180 头（1989 年数）（引自梁崇岐）。据伦敦动物学会 1986

年统计，世界各国所养麋鹿达 1756 头。

这些生活着的麋鹿都是近亲繁殖的后代，存在着种群退化的危险，必需把麋鹿放养回原野生种群的分布区，进行野生种群重建工作，才能实现恢复麋鹿的自然种群的目的。

麋鹿以草本植物为食，在人工饲养条件下冬季喂给人工饲料，如玉米面、麦麸、豆饼、大麦面的混合物，同时也喂一些胡萝卜、甜菜头等蔬菜。

86. 人类、生物及其环境

——生态学研究的基本内容

生态学是研究生物与其外界环境间相互关系的学科。

地球上的生物种类繁多，形态各异，而且颇有充斥全球之势，几乎到处都有生物的存在。但我们仔细分析和观察一下，就会发现每一种生物都生活在一个相对狭窄的环境中，鱼儿离不开水，一旦池塘干涸，大多数鱼类就失去了赖以生存的适宜环境。热带雨林是猴子理想的栖息地，在那种适合于他们活动的环境中，猴子成群结队地在林中采食野果、嫩叶，在树丛藤蔓间上下攀援、来回悠荡，俨然是大森林的主人。然而一旦离开这种特定的天地，这些小精灵就失去了往日的欢乐。

人类说到底也是一种高等动物，在历史的发展过程中，人类逐渐掌握了科学技术，其活动的范围不断扩大，可上九天揽月，可下五洋捉鳖，仿佛丝毫不受自然环境的影响，但是请不要忘记，即使科学技术高度发达的今天，人类也必需从环境中获得空气、清洁的饮水和充足的食物。因而包括人类在内，一切生物都必须依赖其周围的环境才能正常生存。

同时，各种生物的活动也在不断地改变和影响周围的环境。岩石在转变成土壤的过程中，风吹日晒，冻融交替，干湿交替等物理化学过程固然起了相当大的作用，但没有生物不断的提供有机物，就不会有什么肥沃的土壤。又如草原上的兔以牧草为食，同时它们的活动也在改变着草场。当然人类的生产、生活过程中，对环境的影响和改变就更大了。

当今世界面临的许多问题，都同生态学有密切的联系，因而生物同环境之间的关系的研究过程中，同许多重大的社会问题相联系起来，从而出现了以研究人口、资源、能源、粮食、环境为中心的生态学课题。

现代自然科学有向宏观和微观两个方向发展的趋势，生物学也不例外，它的研究对象大致可分为如下等级：

分子——细胞——器官系统——个体——种群——群落和生态系统——生物圈。

生态学研究是一门从宏观方面认识世界的科学，因而主要的研究个体以上的等级，其研究对象包括个体、种群、群落和生态系统以至整个生物圈。因而生态学可划分为个体生态学、种群生态学、群落和生态系统生态学。同时生态学按不同的栖息环境及同其它学科的联系产生了许多分支学科，是当今极其活跃而又迅速发展的一门科学。

87. 复杂而精巧的生物社会

——生态系统的基本结构

生物与生物之间，生物有机体与无机环境之间存在着复杂的关系。例如草原上的牧草、黑尾鹿和美洲狮之间有着微妙关系。在美国亚利桑那州草原上，共同生活着黑尾鹿、美洲狮和狼等多种动物，美洲狮是黑尾鹿最危险的天敌，这种动物善打伏击，常隐身于树丛之中，以迅雷不及掩耳的速度扑向

猎物。1905年前，由于美洲狮等天敌的限制，草原上黑尾鹿一直保持在4000头左右。为了保护鹿群，人们从1907年起大量捕杀美洲狮。果然，在除去天敌之后，鹿群很快兴旺起来，翌年就多达40000多头，最高峰时，曾上升到10万头。然而，好景不长，由于鹿群数量太大，它们啃光了牧草，破坏了草原，最终导致黑尾鹿大量饿死。一度兴旺的草原反而变得萧条冷清了。

生态系统犹如一部精密的机器，它由各种各样的部件组成，各部件之间存在着微妙的关系。按着生物在生态系统中的功能的不同，我们把它们分为生产者、消费者和分解者，它们之间相互依存，缺一不可。它们同其生活的环境共同构成生态系统。

现在让我们去观察一个池塘。对于池塘这个生态系统来讲，温暖的阳光，清清的池水，溶解在水中的空气、养料，还有沉积在池底的无机盐……是一切水生生物赖以生存的环境。虽然这种环境本身并无生命，但它却是哺育各种生命有机体的“摇篮”。

荷花、浮萍，还有其他各种各样的水生植物，叶绿花红，阵阵清香，使碧波荡漾的水池充满了生命力。每当旭日东升，晨风吹拂的时候，池塘里的“绿色加工厂”就开始运转了——在阳光下绿色植物作为生产者利用环境中的二氧化碳和水，制造出有机物来，同时释放出氧气，这个过程叫做光合作用。通过光合作用，环境中的无机物就转化成为生物体内的有机物，太阳能就转变成为贮存在生物体中的能量了。由于绿色植物具有这种制造有机物的非凡本领，所以称之为生产者。

池塘里有许多动物，虽然它们形态各异，生活习性也不相同，但在一点上它们是一致的，那就是它们只能依靠吃现成的有机物来维持生命，因而它们被称之为消费者。

还有许多肉眼看不见的细菌和真菌，它们能把动植物尸体逐步分解成植物能重新利用的无机养料。倘若没有细菌和真菌，池塘里的动植物遗体就会堆积起来；物质循环便无法进行，而在可利用养分消耗殆尽之后，生态系统中的生产者就无法生存了。当然，一旦失去了生产者，大大小小的消费者便无以为食，到头来、只有统统饿死，生态系统自然也就不复存在了。

对于一个生态系统来说，非生物环境、生产者和分解者显然是必不可少的。绿色植物把太阳能转变成自身的化学能，把环境中的营养物质合成为自身的原生质；而植物死亡后，分解者又使其遗体腐烂分解，植物体内的各种营养物质又重新回到环境之中。生态系统中的物质就这样循环利用，能量不断流动，相互作用，相互依存，从而形成统一的整体。

88. 一山难容二虎

——生态金字塔

中国有句俗语，叫做“一山难容二虎”，抛开那种世俗中的含义，其在生态系统中却也道出了一个真实的状况。

能量在沿着食物链流动的过程中，大部分被消耗掉了，只剩下一部分积存在身体内，被用于生长、维持身体的正常生理功能或繁殖后代。自然界中的食物链和食物网是物种与物种之间的营养关系，但这种关系是错综复杂的。为了使生物之间的复杂关系变得简明和便于进行定量的能流分析和物质循环的研究，生态学家又引入了营养级的概念，营养级是指处于食物链某一环节上的所有物种的总和。

一般说来，随着营养级的增加，呼吸消耗所占的比例也相应地增加，因

而导致在肉食动物营养级上净生产力的相应下降。生态学家通过研究发现，营养级之间的生态效率为 10% 左右，这就是林德曼效率。所以营养级的数目也不可能很多，一般限于 3~5 个。

顺着食物链、各个营养级的能量、重量或数量可以画出一个金字塔——生态金字塔。

现在以海洋生态系统为例，在这个生态金字塔上底层为浮游植物，它们能进行光合作用，生产有机物，是生产者，也是生态金字塔的基础。第二层是浮游动物——一些小虾、小虫。它们取食浮游植物，把植物体内的有机物质转移到自己身体内。第三层是鱼，它们吃掉浮游动物，然后又被高一层的人吃掉，有机物最后转移到人的体内。

现在来考察森林生态系统中的情况。植物为生产者，它们生产出的物质仅能养活其重量十分之一的食草动物，百分之一的食肉动物，而以食肉动物为食的猛兽其重量仅能为植物的千分之一或万分之一，因而它们的数量不可能太多，因而一山难容二虎是有一定道理的。

89. 大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米 ——生态系统的食物链结构

生物系统中生物之间的相互联系极为复杂，似乎一团乱麻，斩不断，理还乱。一句古老的中国谚语使生态学家找到解决问题的钥匙，“大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米吃淤泥”，如果从生物之间的营养关系考察，生物就是依靠这种食与被食的关系相互联系起来的。

现在来看发生在自然界的一幕。一只蝴蝶在吸花蜜，样子自由自在，突然一只蜻蜓飞来，咬住了蝴蝶，蜻蜓毫不客气地把它吃了下去。不料蜻蜓的命运也不济，一只青蛙张开大口，翻出舌头把它粘住了。青蛙正在消化蜻蜓，一条蛇从其背后来了个伏击，青蛙措手不及，成了蛇的美餐。蛇吞下青蛙，爬到沙滩上，被一只在天空中盘旋的老鹰看见了。老鹰俯冲下来，抓住了蛇，经过短暂的搏斗，鹰取得了胜利，抓着蛇飞走了。不用说，蛇成了鹰的腹中之食。

鹰吃蛇，蛇吃蛙，蛙又吃蜻蜓……好像链条似的一环扣一环，这链条的名字就叫做“食物链”。“大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米吃淤泥”；“螳螂捕蝉，黄雀在后”等谚语中都包含有食物链的知识。

从植物的花到老鹰，是一条单一的食物链，在生态系统里，食物链往往比上述情况复杂得多。牧场上的草，并不只养活了牛羊；田鼠也在偷偷摸摸的啃草挖根、吃草籽；就连小小的蚜虫，也在贪婪地吮吸草汁哩。如果把这算作第二个环节的话，那么，第三个环节便是牛羊为人类提供奶和肉，瓢虫吃掉成批的蚜虫，而田鼠则成了黄鼬的佳肴。

如果把上述过程描绘得细一点，那就会出现一个网状结构，这个结构叫做“食物网”。事实上，用画图来反映生态系统的全部食物联系是很困难的，因为同一个种可能同时占有几个不同的环节，况且生物间的食与被食关系又十分复杂。黄鼠狼不但吃老鼠，而且还吃鸟和青蛙，有时甚至吃少量植物。蚊子虽是青蛙的美味，但它却吮吸黄鼠狼的血液……为此，我们在研究食物链时，只能从研究在生态系统中起主导作用那些链条着手。

在自然界里，到处都可以看到食物链。无论哪种动物，吃东西主要都是为了摄取营养，从中获取维持生命的能量。因此，在食物链上流动的实际上是贮藏着能量的营养物质。追根求源，查一查这些营养物质的来历，你就会

很快发现，无论食物链多么复杂，多么不同，但它们的头一个环节必定是植物。如果没有植物作基础，任何食物链都无法建立起来。

90. 研究动物行为的科学

——行为生态学

如果我们对自然界的动物进行观察，就会发现许许多多有趣的动物行为，如动物的迁徙、占区、进攻、取食等都是动物行为。研究动物行为已成为生物学的一个重要分支——行为生态学。

动物的行为一部分是本能行为，也就是说生来就有的，如哺乳动物的吮吸行为，一部分是对环境的适应获得的，如自我保护行为，寻找隐蔽处保护自身和幼体。动物的本能行为也是在长期适应生存环境的过程中逐渐进化而来的，所以可以说几乎我们观察到的所有动物行为，都是属于适应性行为。

动物行为一般分为以下几种：

(1) 紧张不安行为：动物在遇到入侵者时表现出紧张不安，最后发展为攻击对方或逃遁。

(2) 姑息、绥靖行为：在遇到进攻者时表现出撤退或避免的行动，如在哺乳类表现为双耳后贴，眼向下瞧，尾巴夹在后腿之间。

(3) 发出声音和气味行为：如鸟类以不同的鸣声占区或招引异性。格斗获胜的蟋蟀叫声特高，而失败者较少鸣叫。释放气味在许多雄性动物中常是占区行为。它警告别的雄性不要进入该区。一般来说，气味是由一些外分泌腺产生的，具有特殊的气味，如麝香。有的动物以尿液做占区标志，如食肉类中的虎等。

(4) 进攻行为：进攻行为多与占区及争夺优势地位有关。

(5) 自我保护行为：如动物清理自己的毛或羽，沙浴，水浴，日光浴等。

(6) 取食行为：动物在取食前，有一系列的取食准备行为，才能保证取食成功。

(7) 迁徙：迁徙可以说是种群的行为，很多动物都有这一习性。如大雁、鱼类、蝗虫等。

(8) 社群行为：社群行为是指在一个种群的动物中表现出来的等级现象。如在一群猴子中，有一个优势个体成为猴王，占据着统治地位，优先参与繁殖，并享有种种“特权”。还有蜜蜂中有蜂王、工蜂之分。

研究动物的行为对野生动物的保护利用以及繁殖都具有重要意义，对家养动物也有实用意义。人们根据家鸡不定数产卵的习性，每天取走产下的卵，这样可以使鸡连续产卵。所谓不定数产卵，就是在达到满窝卵数以前，遇有卵遗失即补产一枚，产满一定数量才孵化。鸭鹅类也有同样的行为。

我们在日常生活中或到野外活动，都可以对动物行为进行观察。只要选择适当的动物进行持之以恒的观察、记录，就可以找出规律。

91. 花儿朵朵向太阳

——生态系统中的能流

地球上的一切能量都来自太阳。太阳的辐射能量相当惊人。在“赤日炎炎似火烧”的盛夏，谁不热得汗流浹背呢？据估计，在热带地区，太阳能每天对每平方米土地的最大辐射量可达到 7000 千卡。

在生物圈中，第一个固定太阳能的便是绿色植物。不过，植物对太阳能的利用率是很低的。在太阳的总辐射能中，大约有 55% 是红外线或紫外线等不可见光，不可能被植物的光合作用所利用，一般植物只能固定 1% 左右的

太阳能。

从食草动物自植物里摄取营养开始，固定在植物体内的能量就通过食物链在生态系统中的生物成员间流动了，这就是所谓“能流”。

与植物提供的全部能量相比较，食草动物所利用的能量是极其有限的，例如，田鼠咬断农作物的茎秆，但它只吃其种子和花序，而且边吃边糟蹋，显然，贮存在茎、叶和被糟蹋的种子中的能量未被田鼠利用。另外，在田鼠吃掉的有机物中，大部分被消化吸收，少部分随粪尿排出体外，不用说，在这个过程中，又有一部分能量从植物到田鼠这两个环节之间流失掉。还有，任何动物都要为维持自身的生命活动而消耗能量。黄鼠狼捕食田鼠，从而使能量从食草动物身上流向食肉动物。显然，黄鼠狼（黄鼬）也不可能 100% 地利用田鼠的能量；有时，它只吃掉猎获物的一部分，有时甚至只把田鼠咬死而不吃。假如生态系统中还有黄鼠狼的天敌，那么，能流中的能量还会进一步减少。

由于生态系统中的能量在流动中是层层递减的，所以需要由太阳不断地补充能量，才能维持下去。

上述例子只能反映生态系统中能流的一个方面。实际上，生态系统中的全部能流关系相当复杂。例如，田鼠咬断的茎秆和遗弃的种子也许成了草食性昆虫的美餐，也许被蚯蚓和土壤微生物所分解；而田鼠的粪尿在分解后又可能被植物重新利用……由此可见，要完整地描绘一个生态系统的能流全貌并不是一件简单的事情。

92. 两极的冰会融化吗

——生态系统中的碳循环

碳是构成生物体的主要元素之一，蛋白质、糖类、脂类中都含有大量的碳，显然，人体内也含有大量的碳。

生态系统中碳循环的基本途径如下：绿色植物通过光合作用，把大气中的二氧化碳和从地里吸收来的水合成有机物，同时放出氧气，通过这种途径，自然界里的碳就被固定到植物体内了。牛羊吃植物，牛羊又被食肉动物所吃，于是，植物体内的碳便逐步地转移到各种动物体内。但是，固定在生物体内的碳迟早会回到环境中去。

随着现代工农业的发展，越来越多的煤和石油被开采出来，它们在燃烧时放出热和光，同时把大量二氧化碳排放到大气中去。大气中的二氧化碳具有温室效应，它和水蒸汽能允许阳光中的可见光和红外线通过，但当这些光线从地面向大气层反射回去时，大气中的二氧化碳和水蒸汽又会像温室的玻璃顶一样阻碍热量的散发。因此，大气中二氧化碳含量增加，气温和地面温度就会随而相应升高。据估计，到地球上全部易开采的矿物燃料用尽时，大气中二氧化碳的含量将比现在增加 170%。大气温度上升会引起极地冰雪消融；如果按照目前这种发展速度来消耗矿物燃料的话，只要再过 400 年，南极的冰雪就可能全部融化。那时候，地球上的海平面将上升 120 米左右，沿海地区将被汹涌的波涛吞没，人们赖以生存的地盘将大大地缩小。

也有些学者对此持相反意见，认为燃烧矿物燃料不只是增加大气中的二氧化碳，同时也增加了大气中的尘埃，而悬浮于空气中的尘埃会阻碍太阳光射向地球的辐射能。因此，大量消耗矿物燃料反而会使地球温度下降。

1982 年下半年，有两个美国人对人造卫星拍摄的南极照片进行了分析研究，发现近 10 年来南极夏季的冰雪比以前明显减少，而某些地方的海平面却

有上升的趋势，这是一个值得关注的趋向！

二氧化碳污染的生态后果尚在研究探索之中。但无论如何，在自然界中对碳循环影响最大的却是人类自己，而且这种影响又很可能给包括人类在内的生物界带来极大的危害。所以，我们必须用科学的态度严肃认真地对待这个问题。

93. 毒雾、酸雨事件

——生态系统中的硫循环

硫是构成蛋白质的基本成分，但硫在生物体中的含量远不如碳、氢、氧、氮那样多，然而，它起的作用却十分重要。蛋白质千变万化的功能是由其结构的多样性决定的，蛋白质的立体结构是靠硫原子间的键维持着的。所以说，没有硫就没有蛋白质，当然生命也就失去了存在的物质基础了。

自然界的硫主要贮存在地壳里，由于风化作用，贮存于岩石和土壤中的硫被逐渐地释放出来，并以硫酸盐的形式进入陆地或海洋生态系统。然后通过植物的根系吸收进入植物体内，然后动物取食植物，以及动物的排泄和动植物遗体的分解，生物体中的硫又回到土壤中，这就是自然界硫的正常循环过程。

工业污染往往导致大气中二氧化硫含量的增高。烧烧矿物燃料，特别是燃烧高硫煤时，也会产生大量二氧化硫。二氧化硫浓度过高对植物和人类都有很严重的影响，它可使植物的叶组织坏死，同时也对人类的健康产生极大的危害。1952年12月在英国伦敦发生了一起震惊全球的毒雾事件，人们在充满二氧化硫的空气中有的咳嗽，有的气喘，有的心脏病发作……在这次事件中有4000余人丧生，究其原因是因为特殊的气象条件使伦敦工厂排出的废气形成浓雾，经久不散，因而酿成这次毒雾事件。

大气中的二氧化硫等还可能与大气中的水蒸汽混合，形成酸雨。随着工业的迅速发展。在全球几乎都有过酸雨事件的记载。酸雨是“天降的死神”，它对人类及其环境的危害主要是使洁净的水域受到污染，杀死水生生物，一些调查资料表明，由于酸雨的危害，地球上大量的湖泊因酸度过高而变成“水荒漠”。其二是酸雨能促使土壤中营养物质的淋溶流失，使土壤肥力下降，使植物的生长变缓。其三是腐蚀建筑物，使许多人类的文化遗产受到损坏。北京故宫的汉白玉雕已有几百年的历史，从1925年拍摄的照片可以看出，浮雕的花纹还十分清晰，但到了现在，它已被含酸的空气和雨水腐蚀得模糊不清了。

或许我们也曾为工业城市中林立的高大烟囱大唱赞歌，为那烟囱中滚滚不断的浓烟感怀抒情，为大工业的发展带来的现代文明而陶醉。可摆在我们面前的血的事实，使我们终于认识到，人类活动干扰了生态系统中硫元素的正常循环，就会使毒雾笼罩大地，酸雨从天而降。我们应该清醒地认识到，工业的发展过程中，不注重其对环境的影响，必将会给人类带来灾难。因此，解决这些由于发展大工业而带来的问题已迫在眉睫。

94. 莫名其妙的病

——有毒物质在生态系统中的旅行

在我们这个星球上，本来到处都有新鲜的空气和洁净的流水……正因为有了这些生存和发展所必需的基本条件，地球上才出现了生命，并演化成现在这样的世界。可是，随着人类社会，尤其是现代工农业的发展和污染源日增，出现了一些令人不安的现象：大量生物得了“莫名其妙”的病，甚至导

致成批死亡。

滴滴涕 (DDT) 是一种高效杀虫剂, 它出现于 40 年代, 在征服马铃薯甲虫、跳蚤、蚊子的“战役”中曾大显神通。它的发明者——瑞典人保罗·穆勒因此而荣获诺贝尔奖金。

当人们用大型喷雾器喷洒滴滴涕的时候, 真正落到植物上的大约只有 5% 左右, 其余的 95% 不是落在地面, 就是在大气中飘浮。只要下一场雨, 大部分滴滴涕就会随着雨水流入地下, 或顺着小溪进入江河, 最后百川汇合, 流归大海。据估计, 全世界到现在共生产了 150 万吨滴滴涕, 其中有 50—100 万吨仍残留在海洋里。

滴滴涕是一种不易分解并能长期留存的农药。当它进入海洋后, 第一批受害者便是那些浮游植物, 因为它们必须从海水中摄取二氧化碳和无机养料, 同时也把滴滴涕摄入了体内。浮游动物既喝海水, 又吃浮游植物, 这样, 它们体内就会积累更多的滴滴涕。鱼类吃浮游动物, 而本身又是水禽的捕食对象……通过一环扣一环的食物链, 滴滴涕就在各种生物体内日积月累。

人类以多种生物为食, 当然也在受害之列。据调查, 爱斯基摩人体内脂肪中的滴滴涕含量 3ppm; 在曾大量施用滴滴涕的以色列和匈牙利, 人们脂肪中的滴滴涕含量分别高达 12.4ppm 和 19.2ppm。美国华盛顿大学科学工作者记录了由滴滴涕中毒引起的妇女排卵受阻和不孕的病例。

目前, 滴滴涕已被许多国家列为禁用品, 但它的祸害远未被消除, 原因是它能长期残存。除滴滴涕外, 还有一些农药和有毒物质同样会危及人类; 某些放射性物质也可能通过食物联系而在生物与生物之间转移, 最后进入人体。

在日本水俣湾爆发的“水俣病”是一种与环境污染有关的疾病。这种病非常可怕, 患者四肢麻木, 言语含混, 如痴如呆, 严重的还会精神失常, 甚至由于全身痉挛无法进食而死亡。此病的起因是汞污染, 具体地说就是人们把含汞的工业废水排入了水域, 在某些厌氧细菌的作用下, 沉积在水底的汞变成了毒性很大的甲基汞。这种有毒物质也与滴滴涕一样, 能通过食物链而浓缩, 人若吃了受污染的鱼和贝类就可能发病。

“骨疼病”也是一种异常的怪病。此病患者骨质脆弱, 容易发生骨折, 甚至打个喷嚏都可能引起肋骨断裂。由于身上多处骨折, 病家疼痛难熬, 日夜哀号, 闻者无不毛骨悚然。医务工作者曾从一个死于骨疼病人身上查出 73 处骨折! 这种病最初也在日本发现, 患者多系妇女, 病因是含镉废水污染了水源, 人又食用了用污水灌溉的稻米和大豆所致。

我国也存在着水污染的问题。据有关资料介绍, 松花江河泥中的汞和沈阳土壤中的镉含量, 都已接近日本水俣病和骨疼病地区的水平! 美丽富饶的白洋淀, 平均每天要容纳 190 个工厂排入的 336000 吨废水。著名的风景区漓江、滇池等也都受到了不同程度的污染。防治污染, 改善环境条件, 已是当今迫不及待的任务。

95. 杂而不乱的生物集合

——群落的结构

盛夏的草原, 绿油油的牧草长势茂盛, 牧草有高有低, 参差不齐。最常见的是, 上层牧草稀疏, 而且喜光耐旱; 下层牧草稠密, 有的还匍匐在地上, 大都耐阴。从地下部分看, 不同牧草的根系占据着不同的空间: 一年生草本植物根系比较浅; 禾本植物的须根扎得较深; 某些双子叶植物的根则能钻到

离地面 1 米以下的深处。

热带雨林的垂直分层现象比草原明显得多。走进热带雨林，你会遇到几十米高的望天树和番龙眼树，如果说它们是“老大”的话，椰子树、假海桐、叶楠木和木奶果等乔木就是“老二”，再下来，便是一些 1—5 米高的灌木，然后是高 1 米上下的草本植物。当然，地表上还可能有苔藓、地衣之类。此外，在枯枝落叶中又有一些蕈类。热带雨林中还有许多附生植物，其中兰科植物最多。藤本植物往往构成林中之奇观——巨大的藤蔓攀援缠绕在林间，从地面一直伸延到树冠，似乎是在林中飞舞的游龙。

群落中这种垂直分层现象对于不同物种充分利用阳光和空间十分有利。例如：在草原上，上层草喜光，下层草耐阴，它们生长在一起，互不干扰，各得其所，根系的深浅不同则便于充分利用土壤中的水分和养料。热带雨林中的高大乔木犹如“鹤立鸡群”，能够充分地利用和吸收阳光。它们还为下层喜阴的乔木遮光。倘若没有上层高大乔木的“保护”，木奶果就结不出果实来了。林下小草所得的阳光有限，但是，它们也有一套适应环境的结构——地上部分不发达，消耗较少，而根系中却贮存着大量的营养物质。

在群落中，不仅植物有垂直分层现象，而且不同动物也占据着不同高度的空间：蚯蚓、蜈蚣等穴居种类在地下默默无闻地“工作”；蚂蚁、蜘蛛、蜈蚣在枯枝落叶中忙个不停；大大小小的有蹄类以林地为活动舞台，而豹子却虎视眈眈地隐身于树丛中，伺机扑食。至于鸟类，也因种类和习性不同而分别占据着不同的“领地”，又由于它们具有一双得天独厚的翅膀而显得格外活跃——它们既能在地面欢舞，又能到灌丛中觅食，还能像利箭一样，飞向辽阔的蓝天。

总之，大多数群落都有垂直分层的现象，植物的分层有利于充分利用阳光、水分、养料和空间；动物的分层则有利于觅食、隐蔽和生存。研究这种分层现象，对指导农业实践很有意义，如作物的间作、套作等措施，就是根据群落垂直结构的原理制定的。

96. 病树前头万木春

——群落的演替

自然界里的生物群落是不断发展变化的，让我们来看看一片被弃耕的农田是怎样发展和变化的吧。

弃耕农田土壤贫瘠，几乎没有植被，任凭烈日曝晒，风吹雨淋。与草地或林地相比，它的温度和湿度的变化都比较剧烈。在这种严酷的环境中，只有那些“野火烧不尽，春风吹又生”的杂草才能生根发芽，开花结果。由于杂草是“开发”弃耕地的“先锋”，所以生态学家给它起了个名字，叫做“先锋群落”。杂草种类繁多，但仔细观察，就会发现首先在弃耕地“站稳脚跟”的往往是些一年生的杂草。

有了一年生杂草的覆盖，弃耕地的自然条件就得到初步的改善，于是，一些多年生的杂草便接踵而至，并逐渐取代了一年生的种类，成了这里的“新主人”。我们把从一年生杂草被排挤，到多年生杂草和禾草占优势的这种有规律的物种变化过程，叫做“群落的演替”。

当然，演替到此远未结束，还要继续进行下去。由于那里的环境有了进一步改善，在这片杂草丛生的野地里还会陆续生长出灌木，甚至乔木，如若没有人为的干扰，乔木还会不断繁殖，最后形成森林。

有了林木的调节，环境就相对地稳定了。在森林中动植物种类繁多，不

同物种之间彼此依赖，互相制约，从而构成了一个与环境处于相对平衡状态的稳定的群落，这个群落就叫“顶极群落”。从某种意义上说，顶极群落是演替过程的最终阶段，是长期稳定的。但是，这种稳定却又是相对的，因为森林里的树木总在不断地更新，正所谓病树前头万木春。随着寒来暑往，林下的小草也在不断地“枯荣”，群落中其他生物亦大抵如此。

在自然界里，演替是普遍现象，而且有一定规律，有一定方向。掌握这种规律，就能根据现有的情况预测群落的未来，从而正确地掌握群落的动向，使之朝着有利于人类的方向发展。

在牧场工作的人都希望六畜兴旺，但是，若从生态学的角度出发，就不能片面地去追求“遍地是牛羊”了。首先，我们要科学地分析该牧场的载畜量，看其是否合理。若载畜量太大，就可以预见到牧草的过度消耗会引起群落的演替——优质牧草逐渐减少，甚至消耗殆尽，不可食的杂草将取而代之……为此，我们要立即采取措施防止这种有害的演替。又如，某些有经济价值的鱼类、鸟兽或林木常常不是最近的演替物，也并非顶极群落中的成员，而仅仅是早期群落中的物种。从演替的观点来看，它们迟早会被其他物种所排挤或淘汰。为了保护这些有用的生物资源，我们就应设法延缓群落的演替，以保持自己所需要的群落演替序列。

97. 狼吃羊，还是羊吃狼

——捕食关系

在自然界里，不同物种之间的关系极其复杂而微妙。

豺、狼、虎、豹等典型捕食兽的犬齿发达，爪子锐利，动作敏捷，而且都有一套特有的捕食本领。犬科的狼四肢修长，擅长奔跑，一旦发现“目标”就穷追不舍。狼群甚至会“分工合作”，能前堵后截，围捕猎物，就连强大的驼鹿也常常遭狼群猎食。猫科的虎擅长打“伏击”，它利用自身斑纹作掩护，巧妙地隐身于丛莽之中，当其他动物走近时，它就大吼一声，猛扑过去……由于它的动作快如闪电，吼声又像晴天霹雳，所以某些动物常常被吓得不知所措而死于其尖牙利爪之下。

被捕食者也不都是软弱可欺的。牛羊有角作武器，雄性的野水牛甚至敢与猛虎对抗；成年的公野猪也可能成为虎的劲敌。生活在开阔地的羚羊、斑马奔跑迅速，善于逃避敌害；据说斑马还有集体防御的习性。长颈鹿“高瞻远瞩”，视野辽阔，能及时发现敌害，还能以每小时 50 公里的速度逃跑。另外，它身上的花纹也值得一提——在动物园里，这身花纹无疑是吸引游客的“华丽外衣”。然而，在大自然中，它却成了长颈鹿保护自身的迷彩（保护色），在林木阴影的掩护下，这种斑纹能使一个高约 5 米的庞然大物的轮廓变得模糊不清，在阳光照射下，其他动物很难辨别哪些是它的斑纹，哪些是枝叶投下的阴影和光斑。

捕食动物与被捕食者在形态、生理和生态特征上相互适应的例子举不胜举，俯拾皆是，这些例子正好说明食物关系是这两类动物共同进化的最重要的因素之一。

若从种群的角度来看，捕食动物和被捕食者的关系也相当复杂。可以想象较一般的关系为，被捕食者种群数量增加，捕食者的数量亦随之而增加；但捕食者一增加，被捕食者就必然要减少，而这种减少又会导致捕食者的减少。

对于被捕食动物的种群数量增长来说，捕食作用显然是一个限制因素。

但是，除去捕食动物之后，被捕食者的种群是否会必然繁荣兴旺呢？雷鸟是一种很有经济价值的鸟类，为保护它，人类曾大力消灭其天敌——北极狐和猛禽。但结果适得其反，去除捕食者后，传染病在雷鸟种群中蔓延开来，使大量雷鸟死亡。为什么会产生这样的结果呢？原来被天敌捕杀的，往往是那些体弱或有病的个体。从单个雷鸟来看，被吃掉一只就会少一只；但是，从整个雷鸟种群来说，淘汰掉病弱的个体反而对提高种群的体质有利，而对后代的健康相对地有了保证。

另外，捕食动物与被食动物的关系还与它们的种群密度有关；在蝗虫大发生的时候，光靠几只食虫鸟是无济于事的。总之，食与被食之间存在着极其复杂的关系，在进行研究时，我们一定要对具体情况作具体分析，切不可轻易作出主观武断的结论来。

98. 对害兽也不能斩尽杀绝

——谈生态平衡

害兽是指那些对人类有害的哺乳动物，其中最典型的是鼠类。鼠类对农业、林业、牧业造成严重危害，并且还传播疾病，如鼠疫、流行性出血热等。由于鼠类具有穿挖洞穴的习性，可以破坏大坝，引起水灾。鼠类的啮咬习性，还能破坏工业设施，咬断电缆，造成断电。人们对鼠类可以说是深恶痛绝。长期以来人与鼠进行了艰巨的斗争，采用化学药物、生物方法以及其他各种综合措施进行防治，使鼠类的危害得到了控制。

对于鼠类这样的害兽要不要彻底消灭，从生物学的意义上讲，就是要不要让这个物种从地球上消亡呢？生物学家的观点是否定的。

地球上不同的生物形成不同的种群，包括各种动物种群、植物种群和微生物种群。在一定地区内，这些不同的种群自然组合形成群落，如一片森林内所栖息的不同生物就是一个群落，而群落连同其生活的无机环境所构成的能量、物质的转化和循环系统，又构成生态系统，也就是相互作用着的生物的和非生物的系统。

在一个群落中，通过食物直接或间接地把群落内各个成员联结成一个整体，这种食物联系被称做食物链，而实际上食物链又是很复杂的，互相交织成网，又称食物网（图 28）。

在群落内，食物网间的物种种类和数量是互为影响的。从图中可以看出鼠类在食物网中占据中间环节，是一些大型食肉动物的食物来源，如黄鼬等，这些大型食肉动物大多数是具有经济价值的毛皮兽。如果鼠类这一环节缺失，势必影响群落结构，从而影响生态系统的平衡。

生物学家主张，与害兽作斗争的原则是控制数量，降低它们的种群密度，使它们的密度降到危害阈值以下，如使黄鼠密度降低到一公顷内少于 1 只，可以防止鼠疫暴发。

此外尚有一些兽类，在局部地区或某一时期内密度过高时，也能造成危害，如农作区特别是山区的野猪和熊，平原地区的野兔等，还有牧区的狼。这些动物都是狩猎动物，保持种群的适当密度，可以化害为利，提供更大的经济价值。

图 28 一个简化的食物网（自 Vaughan）1. 桧树 2. 草本植物 3. 节肢动物 4. 食草动物 5. 啮齿动物 6. 食肉动物

99. 杀鸡取卵，竭泽而渔

——生物资源利用的生态学原则

从种群生态学的角度来考虑，生物资源的合理利用是现代应用生态学的主要研究课题之一。

在地球上的一切生物之中，人类无疑是最高等的。从某种意义上讲，人类是自然界里最强大的“捕食者”，因为一切生物资源都在人类利用之列。

从长远利益来讲，即便是为了自身，人类也应该是“明智的捕食者”。然而，在人类历史上，由于“过捕”而破坏生物资源的例子却比比皆是，而且，这种现象目前还在继续。比鸵鸟还大的恐鸟是被毛利人斩尽杀绝的；从1870年到1880年，布尔人消灭了两种南非斑马；曾多达几十亿只的北美漂泊鸠（又名旅鸽）也已于1914年灭绝。白令海峡的斯氏海牛，从被发现到绝种，前后才不过27年。在自然界中，大象、犀牛堪称强者，但是，由于象牙、犀角值钱，一些人就不惜采用杀鸡取卵的方法，无情地杀戮它们。随着犀角价格的急剧上涨，犀牛的数量却直线下降。据1969年估计，肯尼亚尚有18000头犀牛，当时犀牛角的批发价是每千克46港币；到1979年，犀牛角价值上涨为每千克3375港币，而犀牛的数量却下降到1500头。如不及时采取保护措施，这些可怜的动物就难逃灭绝的厄运了。

除直接捕杀外，破坏野生动物的生活环境和把大量农药或有毒物质施放到环境中去的作法，也使许多生物的生存受到威胁。在中生代末期，平均每1000年才有一种鸟兽灭绝，但从20世纪初到20世纪80年代，平均每年就有一种鸟兽灭绝。估计到80年代末期，可能每小时就会有一种鸟兽灭绝。

对于珍贵的稀有生物，应千方百计地加以保护。对于数量较多的资源动物，则要合理地、科学地利用。过捕显然不对，但是，对它们不加管理或不充分利用也不对。我们的任务是既要最大限度地利用生物资源，同时又不影响其持久利用，用生态学的术语来说，就是要研究资源的“最大持续产量”问题。

什么样的种群平衡水平才能保持持续产量呢？许多人认为，种群密度最大时就一定能获得最大产量，其实不然。例如，在一定区域内放养一对鹅，给予充足的饲料，而且排除掉天敌的干扰，结果鹅群很快兴旺起来，但是，在鹅群达到50只后，由于环境条件所限，种群数量就不再增长了，这样就可以说，50只就是这个区域的养鹅数量极限。从第三年到第四年这段时间鹅群的增长速度最快——一年内净增13只，这是最理想的收获量。如按照最大的种群密度（用K表示）是50只来计算，则种群密度是 $\frac{K}{2}$ 时，亦即在这个假设中为25只时，能使我们获得最大的持续产量。由此可知，要获得最大持续产量，就应该使种群密度保持在 $\frac{K}{2}$ 左右的水平上，而不是在密度最大的时候。

当然，这种估计是比较单纯的，不一定符合实际情况，主要它没有把种群本身的变动问题考虑进去。不过，它对于种群比较稳定，年复一年地改变不大的种群有可能适用。

100. 地球上的物种知多少

——谈物种与生物的多样性

如果有人要问：地球上现存的生物有多少数量和种类？可能还没有一个生物学家能够提供一个与事实相差不太大的答案。尽管人类已经对生物世界进行了250多年的研究。鉴于地球上动植物的自然生长环境正在迅速地遭到破坏或毁灭，人们很有必要知道地球上的物种总数和分布情况，这样才能制

定出一项合理的计划，尽量使遗存的生物多样性得到保护。如果从经济价值上考虑，人们也应该重视对物种的分类和数量统计研究。现代药物中有相当大一部分是利用植物中发现的生物化合物制成的，还有丰富的天然食品宝库有待开发。

人类将生物界作为一个有序的体系来进行考察的历史至少可以追溯到亚里士多德时代。18世纪，伟大的自然科学家、双名法的创始人林奈发表了分类学的经典巨著《自然系统》，为现代分类学奠定了基础。从那时起，世界上各国的分类学家又在林奈所创始的动植物名录上增添了一个又一个物种。但是到目前为止，即使根据最高估计，全世界的分类学家已经识别出的物种也只有150万到180万种。这一数目与地球上物种的实有数目相比，显然相差很远很远。

如今，世界上有好几位学者根据物种分类纪录的发展趋势进行推断，对全球物种总数作出估计，由于各人采取的统计方法有所不同，所得结果也相差甚远。

分类学家们发现，一般来说，动物的体长每减少到原来的 $1/10$ ，属于该体长范畴的物种数量便增加100倍。体长大到几米，小到大约1厘米的动物物种数量分布都属于这种模式。但是体长小到1厘米以下时，这种反比关系似乎不存在了。这可能是由于分类学家忽视了这类体型很小的物种，对它们的记载很不完备的缘故。如果这种体长——物种密度的反比关系也适用于体长小到一毫米的动物（这是生物学界认可的区分宏观生物与微生物的分界线），那么就意味着全球大约有一千万种陆生动物。

食物链结构的模式为另一种物种数量算法提供了基础。有人通过研究发现，平均说来，每一种植物大约能供养10种昆虫，人们估计，全世界大约有27万种维管植物，那么全世界总共大约有300万种昆虫。

真菌是大部分生态系统中必不可少的重要组成部分，它们有助于有机物的分解和新土壤的形成，然而人们对真菌物种数量的了解却很肤浅。现在有记载的真菌种类是69000种。有人曾对欧洲某地区进行过仔细的研究，发现真菌物种的数量大约是维管植物的6倍，如果全球各地真菌物种与维管植物的数量比例与北欧地区相同，现在有分类记录的维管植物有27万种，那么真菌就应该有160万种，比目前已知数量多20倍以上。

肉眼看不见的生物在全球物种总量中也可能占有很大的比例，然而现有记载的现存物种中，如原生动物、细菌和病毒等微生物只占大约5%。最近的研究结果表明，微生物的自然群落的物种多样性远比以前发现的要丰富得多。说明分类学家对地球上这种最原始而普遍的生命形式了解太少。

对物种的分类，按种 属 科 目 纲 门顺序，越往上走，生物的遗传变异性就越显著，即差异愈明显。如昆虫与大象的差异较鱼和象的差异来得大。在所有有分类记载的物种中，生活在海洋中的物种所占的比例还不到15%，若以纲计，90%以上的纲有海生种类，若以门计，几乎每个门的生物都有海生的。事实上，生物的所有各个门有 $2/3$ 都只在海洋中发现，因此就生物的全体分布模式看，海洋所蕴藏的生物多样性比陆地还要丰富得多。

时至20世纪末，物种分类学的发展仍远远落后于天文学。这种状况令人觉得无法理解并感到十分遗憾。在定量和保护各种类型的生物方面，人类社会所付出的资金和努力少得可怜。然而，正是由于地球上存在着各种生物，我们这颗星球才有它独特灿烂的景象。要想改善物种分类统计的现状，人类

需要进行规模庞大的、高度协调且持续不断的努力。对这些生物多样性的研究和保护是非常迫切的，因为全世界每年都有 1—2% 的热带森林被毁掉，用于拓展农田，提供燃料和原料。照这样的速度发展下去，再过 50 年左右，全世界的热带森林就会彻底地从地球上消失。

古生物学

101. 从非生物到生物

——谈生命的起源

地球上的生物种类繁多，形态各异。这么多的生物是怎样产生的？最早的生物又是如何产生的？换句话说，生物是如何起源的？对于这个问题，近年来进行了很多研究，已经提出了一个大致的轮廓。

现在地球的环境条件与 35~45 亿年前的条件区别非常大。那时候没有氧气，主要成分是氢气、甲烷等，称为还原性大气。虽然原始地球大气缺乏游离氧，但除了甲烷、氢和氨之外，肯定还有其他气体。有人利用许多种其他的气体混合物进行前生物实验，结果产生了许多种复杂的有机化合物，包括组成蛋白质的 20 种氨基酸、嘌呤和嘧啶（核酸的组成物）、糖和其他组成生物大分子的物质。并且还能够合成氨基酸链（称为类蛋白）。但还没有人证明，前生物实验能够合成核酸。无论如何，这么容易合成最重要的生物大分子的组成物质令人惊异。有机化合物有成千上万种，最容易前生物合成的却是那些在生物合成过程中所用到的这些种（氨基酸、嘌呤和嘧啶等）。

在前生物合成中，有机物的产生经常是大量的。从目前的自然放电量来估计，在地球表面要覆盖上 1 米厚的有机物质只需要 10 万年。假如前生物合成比这速率低得多，在前生物的水中也能溶解大量的有机物。有人估计大约达每立升 1 克的等级，相当于鸡汤罐头浓度的 1/3。这种原始的有机溶液，通常叫做前生物汤。这种前生物汤的浓度，作为生物大分子合成时还是太稀。什么使它变浓呢？可能是由于浅水港或湖中汤的蒸发；或者汤的一部分结了冰，汤可以在未结冰的部分浓缩，使有机物自发地形成胶体小滴，在小滴中可进行前生物合成。也许有机物被矿物表面所吸收。许多粘土矿物质是很普通的岩石的风化物，在海底底板上很丰富，已知它们是吸收有机物质的，而更易使大的链状分子集中。

有活性的分子创造出来和变浓，并不能导致生命产生，除非还有某些机制，使这种有希望的分子比不太有希望的分子更能被保存下来和进行复制。这种机制就是自然选择。在当时的自然界中可能存在一种自然的样板，也许是粘土矿物质，在某种程度上可以控制氨基酸的顺序，这种样板可能具有一些基因的特性。卡恩—史密斯（A. G. Cairns—Smith）提出了一个方案：最早的基因是一些小的晶体，因为它们的矿物结构可以为蛋白质或类蛋白记码。如果有一种蛋白质正好与这种记码相符，这种蛋白质就可使其样板保持下来或增加数量。这种特殊的结晶体—蛋白质组合，就比其他化合物更能适应，就能变多起来和普遍起来，并能保持下来。在某个时候，核酸又加入了这个复合体的发展，产生了它们特殊的复制特性，然后核酸代替了这种结晶体的基因。最后一些酶群和其他大分子被包在膜内，就出现了原始细胞生物。

最早出现的是类细胞生物，由此演化出原核生物，再到真核生物，最后到多细胞生物和复杂的生物界。

102. 沧海桑田的“见证人”

——化石

为什么说喜马拉雅山区曾经是一片苍茫辽阔的大海？几万年前台湾与大陆是否相连？为何知道几十万年甚至几亿年前的气候比现在干燥且热？现代人没有目睹这些世间沧桑，然而有位历史的“见证人”却能回答这些古地理和古气候问题，那就是化石。

1960年5月，我国登山队登上了西藏境内的希夏邦马峰。希峰是世界上14座海拔8000米以上唯一未被征服过的处女峰。随同登山的科学考察队在海拔4800米处发现了鱼龙化石。鱼龙是一种巨大的海洋爬行动物，且凶猛善游，其存在的地质年代距今已有1亿6千多万年了。这足以说明当时整个喜马拉雅山区是一片苍茫辽阔的大海，希峰只是海洋中的一隅。

另外，考察队还在近6000米高处发现了植物化石高山栎，现生的陈树只能生活在海拔2000米左右的高山上，这说明希峰是受强烈的地壳活动影响在不断升高的。

根据台湾省发现的一些陆生动物化石如四不像、犀牛、大角鹿等大陆动物群和台湾海峡底部发现的陆生大象化石，再加上台湾发现的人类头骨化石与两三万年前山顶洞人、河套人年代相似的情况，可以推测台湾曾和大陆是连成一片的。

为什么古生物能帮助我们判断古地理和古气候呢？地球是生物活动的舞台，一定的生物总是适应一定的环境。化石和它周围岩层的岩性能真实地表白生物的身世：它生活在海洋中还是陆地上？是炎热地区还是寒冷地区？它怎样生活？比如，珊瑚一般生活在温暖的浅海中，但在我国寒冷的北方（如东北、内蒙）以及更为寒冷的北极圈内几亿年前的地层里却找到过珊瑚化石，这说明那时的气候要比现在温暖得多。再如在我国河南西部几十万年前前的黄土层中，曾发现过鸵鸟化石，而鸵鸟却是热带沙漠动物，说明河南西部当时的气候热而干燥。

总之，生物与环境是互相依存的，生物必须有适应生存环境的形态结构。化石就真实地记载了当时的气候、地理等环境。我们可以通过古生物化石的分布，探知古生物兴衰与气候演变、地质环境的变迁等。因此，化石是当之无愧的沧海桑田的“见证人”。

103. 寻找历史的“见证人”

——谈化石的采集

到哪儿去寻找？怎样才能找到化石这样一位历经沧桑的历史“见证人”呢？其实这里边并没有什么奥秘。我们知道化石通常是保存于地层中的古生物遗体、遗物或遗迹，那就要在地层内寻找化石，但化石并不像现代动物那样可以自由移动，也不像现代植物那样生长出地表，因此寻找化石就像寻找地下矿藏一样，首先要寻找它的露头。

怎样寻找化石的露头呢？

第一，古生物化石保存于沉积形成的成层岩石中，因此要在沉积岩如灰岩、页岩、沙岩、砾岩等岩层里去找，因为火成岩如花岗岩等是由地心炽热的岩浆冷却而成，不可能有生物化石的存在。

第二，要到水冲沟、河床、风蚀地等处寻找，因为那里化石易于出露。在我国内蒙及西北草原戈壁上的风蚀面上常有大量化石被发现。那里的土地没有经过耕作，出露完好。寻找化石时，要细心观察，追踪寻找，甚至连一点碎小的骨片都不能放过。如在江西赣州发现的完整的恐龙蛋化石，就是从碎小的蛋片追踪寻找到的。

第三，洞穴也是寻找化石的好地点。洞穴是动物出入和人类最初活动的场所，常有丰富的化石堆积。在著名的北京周口店北京人曾经居住的洞穴里，不仅发现了北京人的头骨化石，更重要的是还发现了数以万计的原始工具——石器，以及北京人用火留下的灰烬，这些都是祖国的宝贵文化遗产。

第四，从地质史的角度考虑，凡生物繁盛而地质沉积作用急剧进行的地区，一般化石就较多。例如，我国甘肃东部、山西西北部、河南西部、陕西等地，就有较多的哺乳动物化石。

另外，还要根据所要寻找的化石类型来考虑。如在海洋环境形成的地层中，比较容易发现动物化石，特别是珊瑚一类的化石，在含煤的地层中，比较容易得到植物的化石。

为了更好地进行采集工作，这里简单介绍一下采集化石应注意的问题：

(1) 必须做好记录。要详细记载化石发现的地点和层位。要知道，没有“履历”的化石就会失去科学价值。

(2) 必须使化石完整。发现化石后，不要急于挖出标本，要使化石充分暴露，最好拍一张照片或绘一张图后，才决定处置办法。

(3) 应注意化石的包装。包装化石要起到保护作用，要使它经过长途运输不致损坏才行。

我们祖国幅员辽阔，地下蕴藏着无数的化石资源，这是我国宝贵的文化遗产，我们必须对其进行科学的采集、开发和利用。

104. 几千万年以前的生物可以

保存得栩栩如生吗

——谈不经石化作用而形成的化石

我们知道，生物体死后，大部分遗体被风化或腐烂掉了，其中少部分通过充填作用、交替作用或炭化作用等物理和化学作用，也就失去了原来生物物质成分的特点，而变成了相应的岩石成分如泥质、砂质、钙质或其他矿物质。生物有机体这种变成矿物质成分的过程即石化作用。因此，大部分化石保存的只是古代生物的硬体形态和构造。然而，在一些特殊情况下，生物体不经石化作用也可全部被保存下来。

在辽宁抚顺的第三纪煤层中，曾发现有大量的琥珀。琥珀为淡黄色、褐色或红褐色的透明固体，是一种很珍贵的装饰品。在琥珀中常可以看到一些植物的叶片和完整的小昆虫，如蚊虫、蚂蚁等，它们都是几千万年以前的生物，但仍然翘脚俱全，栩栩如生。为什么这些叶片和昆虫能保存得这样好呢？原来，一些植物（如红杉、松树、杨梅等）常分泌一种透明的粘度很大的树脂树胶，当昆虫被粘住后，树胶就逐渐把整个虫体包成球状的团块，而虫体和叶片受到了树胶的保护，就像是被封闭在一个玻璃棺内，能防止细菌的分解，不致腐烂。经过漫长的岁月，树木变成了煤炭，含有昆虫和植物叶片的树胶团块就变成了透明的琥珀。还有一个奇异的实例，就是在西伯利亚北极圈冻土层中，曾发现几十具完整的披毛象（猛犸象）化石（图 29）。它们身披长毛，挺立在冰天雪地里。这些象出土时皮毛完好，骨肉相连，肌肉还很新鲜，有的口内还衔着没有下咽的青草，胃中没有消化的食料也保存下来了。原来它们死后被埋藏在冻土层内，就像被冷藏在一个大的天然冰箱内，虽然经过了许多万年，但它们的形体在冻土内依旧保存得

十分完好。这些猛犸象是十多万年以前的生物，当时它们成群结队地生活在欧、亚、北美寒冷的冰土世界，现在已绝灭。这种猛犸象化石在我国黑

龙江一带也有发现。

由此可见，封闭、冷藏等特殊自然条件都可以使生物体不经石化作用而完整地保存下来，使几千万年前的生物都保存得栩栩如生。

105. 化石是简单的石头吗

——谈古生物化学的研究

一提起化石，大家也许自然想到石头。我们知道，生物遗体通过一些物理和化学作用，也就失去了原来生物物质成分的特点，而变成了相应的岩石成分如泥质、砂质、钙质或其他矿物质……生物有机体这种变成矿物质成分的过程即所谓的石化作用。因此，化石绝大部分都是指经石化作用的古生物的遗体 and 遗迹，实际上保存的多数只是古代生物的硬体形态和构造。

那么化石真的完全石化了吗？所有的化石都是简单的石头吗？

很多年以前，人们在磨象牙化石时，发现每当加水少或干磨时就有类似毛、角、爪烧着的气味，因此，人们便开始怀疑化石未必真的完全石化，有的或多或少还保存着生命有机体残余。

本世纪50年代末，古生物学家开始用电子显微镜来观察化石，他们看到了某些骨骼和牙齿化石中有保存完好的有机物——胶原纤维，并可看到胶原纤维特有的横纹。有时在海生动物化石中也可以观察到细胞的结构。

走进雄伟的北京人民大会堂，人们一定会看到四周墙壁和地面上铺砌着五光十色的天然大理石。在大理石上，有许多自然生成的花纹，有圆形的，有条形的，有的像树木的年轮，有的像水中的波纹。起初，对于大理石上出现的自然花纹，人们认为只是一种岩石上的特殊结构，与生物无关。后来，人们在显微镜下仔细观察，竟发现了生物细胞的结构，经分析是7、8亿年前一种水生藻类的遗体。

这一切发现使人们以极大的兴趣用现代的分析技术，对一系列化石进行化学分析和研究，从而为古生物研究开辟了一个新的领域——古生物化学。分析结果证明，有些化石中存在着组成生命的基本物质蛋白质的残余，以及游离的氨基酸和多肽、脂肪酸、多糖类等。

古生物化学在研究生命起源的过程中有着重要的意义。例如采用古生物化学、同位素年代学等有关技术来确定岩石年龄、岩石中有机分子以及生化组成等，可为生命起源研究提供线索，因为只要有点滴的发现也是直接的见证，从而成为极其珍贵的资料。

不仅如此，古生物化学在煤矿、油田的勘探上更具重大现实意义。在许多不见大化石的地层中，往往有相当多的孢子和花粉化石。有许多孢粉由于外壁有一种特殊的“孢粉素”而成为未曾石化的化石。通过对它们的古生物化学研究，可以恢复其所在地的古地理环境，以指导勘探。还有，通过对原油中的孢粉分析，不仅可以确定生油的地质年代及其成油的古地理环境条件，而且还可以了解原油的流动、运移情况。另外许多低等植物如藻类的化石在油田勘探中被广泛地应用。

随着实践的需要，古生物化学研究会越来越受到人们的重视和显示出强大的生命力。

106. 煤、石油是怎样形成的

——谈直接形成矿产的化石

假如你有机会到开采煤矿的坑道里或坑口煤堆处参观，不难发现在那些煤层的夹层里，煤块的表面上经常附着一层树皮或树叶状东西。你想扯下它

来吗？不行，它们是牢牢地刻印在煤块上或煤层中的树木或树叶化石。它们告诉你：煤炭的前身就是古代的树木，而且往往是分布很广的林海林木。

煤炭的形成过程实质上是倒塌的森林在地层里的石化过程。在地壳变动之，大片森林坍塌，继而泥沙掩埋，并沉降下去，后来继续堆积厚层的泥沙碎石，形成了厚厚的沉积岩层。这样，倒塌的树木埋藏于深厚的地层中，在漫长的岁月中，强大的高温、高压作用使其中的水分和挥发物质逸散跑掉，含炭的分量就随着增加，继而变硬，终于形成了煤。

在这个石化过程中，当然不可能百分之百的树木都变成与原来面貌全非的煤炭，其中总有一部分形成了植物化石。这些植物化石又往往埋藏在煤层或与煤层相邻的某些层位之中。因此，要寻找含煤地层，就先得去找植物化石，后者是煤层的指引者。

应当指出，一般来说，只有高等植物才能形成煤炭，低等植物则只能形成腐泥煤。

石油也是由古代的生物形成的。许多研究报告认为：湖泊、沼泽、海湾、内海、珊瑚礁等处，都是生物聚居或死亡以后最容易集中的地方。各类动植物遗体深埋于地层中，几经沧桑之变，其遗体在高温、高压条件下，在天然催化和放射性元素等的共同作用下逐渐转化为有机物质，它们在缺氧环境中进行菌解，并逐渐完成“去氧加氢”的过程，使碳素变成甲烷，最后形成复杂的碳氢化合物——石油和天然气。

成油的生物，都是地质史上某个时期——距今十多亿年前到几十万年前繁盛一时的门类，它们中有许多已经变成了石油，但仍有相当数量和种类转变为化石。在石油中，还常常发现一些古代动植物中的血红素和叶绿素。

从煤和石油的形成过程中我们可以看到，化石和人类的关系极为密切。许多有用矿产的形成都与化石相关。有名的山东省临朐县盛产的一种化工原料硅藻土，也是一种化石矿产。它是在 2000 多万年前内陆湖泊中，大量硅藻死后沉积于湖底形成的。

107. 一块 **燧石** 化石的启示

——化石在指导探矿中的意义

在江苏省的一个煤矿区，过去曾认为已经采掘到了含煤层的底部，储藏量不大，但后来地质人员找到一块叫的 **燧石** 化石（**燧石** 为单细胞动物，呈纺锤形），从化石测定出这个煤层不是那个地质时代的底部而是顶部。在这一化石的启示下，经过勘探又找到了极为丰富的煤层。

沉积矿产的形成是与一定的地层年代和地层形成时的自然环境紧密联系的。如我国著名的大庆油田产在白垩纪的内陆湖泊沉积地层中；世界上一些大煤矿都常产在石炭纪、二叠纪、三叠纪或侏罗纪地层中。那么，怎样才能判断地层的年代呢？这就要根据地层中的化石资料。根据生物发展的历史，各门类生物出现的先后顺序，生物演化的趋势，我们便可测定出各个含比石地层的相对年龄，对比出各个地层的新老及上下关系，从而指导探矿。

化石资料的作用还不仅仅在于判断地层的年代。就拿找煤来讲，地质工作者通过正确地鉴定植物化石的种类名称，阐明它们的组合面貌、植物群的特性，了解其生存环境等，还可以通过研究动物化石的数量、保存程度、埋藏形状、碎片形状和大小、化石在岩石中的分布等信息，以最大限度指导探矿。

另外，许多化石是矿床的伴生物，有些矿是直接由古生物化石形成的，因此这些古生物化石对寻找矿物起着重要的指示作用。例如煤就是古代茂密森林经长期地质作用形成的。含煤地层中的植物化石是煤层的指引者。

近年来，随着石油勘探的进行，孢粉学研究也得到迅猛发展。在油田勘探中，孢粉化石的功不可没。孢粉化石有一个重要特点是，经历时间虽久，但都能完好地保存下来。利用地层中的孢粉组合阐明某个地质时期的古地理面貌、古气候特点，是常用的手段。据报道，孢粉化石不仅能在岩石中找到，而且在原油中也不乏存在。因此，通过原油中的孢粉分析，不仅可以确定成油的地质年代和古地理环境条件，而且还可以了解原油的流动、运移等情况，这为勘探原油的发源地提供了重要资料。

总之，许多化石都可以直接或间接地指导探矿，化石是探矿过程中出色的“地下侦察兵”。

108. 生物演化史的“档案馆”

——地层

在一些山崖和河流的陡壁上常常可以看到岩石一层层重叠着，这些成层的岩石一般称为地层。

一般情况下，下面的成层岩石比上面覆盖着的成层岩石形成时间早，也就是说下面地层时代比上面地层时代要老一些（图30）。古生物化石就保存在这种沉积形成的岩石中。如果把沉积地层比作一个大档案馆，古生物化石就好像档案馆中的各种记录，它记载着生物界发生、发展的进化历史（图31）。人们根据这个“档案馆”中的“记录”，就可以把地球上出现生命以来动植物发展变化的历程基本上查证清楚。

古生物学材料不容置辩地指出：各类生物在各个时期的地层里出现，是有一定顺序的，即从低等

到高等，从简单到复杂，从水生到陆生。动物（植物也是一样）演化的事实，在地层中显示得极为明显，最初出现的是无脊椎动物，生活在水中，以后依次出现水生的鱼类、开始登陆的两栖类、登陆成功的爬行类，又由爬行类演化出鸟类和哺乳类，最后才出现人类。我们能在最初发现哺乳类的地层里找到鱼类的化石，但绝不能在最初发现鱼类的地层里找到哺

图31 根据化石来划分和对比地层 1—7 为地

层顺序（据南京大学《古生物地史学》，1973）乳类的化石，可见动物界是处在不断发展的过程中。同时我们还可以发现，不同时代的地层中保存着这一时代所特有的化石，而相同时代的地层中就会有相同的化石，这是地层学中的一条重要原理。根据这一原理利用化石就可以确定地层的时代和先后顺序，把地层划分开来，还可以把相同年代的地层从空间上加以联系比较，从而综合分析该时代地壳发展的一些客观规律。

地层的划分和对比是地质学最重要的研究内容之一。一个地质工作者到一个地区后，首先要研究该地区的岩石和地层，确定这些岩石和地层形成的时代和顺序。这种研究可以直接帮助我们寻找沉积矿产，因为许多矿产都产在一特定时代的地层中。如我国南方盛产磷矿，这种磷矿很多就产在寒武纪初期的浅海沉积地层中，我国北方震旦纪地层中还有浅海沉积的锰矿和铁矿。我国著名的大庆油田产在白垩纪的内陆湖泊沉积地层中。

总之，我们要充分利用地层这个名副其实的生物演化史的“档案馆”中的各种“记录”，为生物进化和地质学的研究做贡献。

109 . 一张特殊的“时钟图”
——谈生物演化发展和地球历史时期
(地质年代)的划分

为了研究历史,人们将它划分了许多世纪或朝代,如夏、商、周,元、明、清等,在日常生活中我们还常使用年、月、日、时、分、秒等时间单位。我们要研究古生物和地球历史,同样需要将地球历史划分出阶段,以反映时间上的相对新老关系。

地质工作者根据古生物由低级到高级的演变和地壳运动的规律把地球历史分成 5 个大的时代:太古代、无古代、古生代、中生代和新生代。其中太古代和元古代由于生物处于低级发展阶段,化石保存不多,因而合称隐生宙;而古生代、中生代和新生代生物已大量出现并保存为化石,因而合称显生宙。代下面分为若干纪,纪下面又分为若干世。其中元古代的晚期叫震旦纪,古生代分为寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪等 6 个纪;中生代分为三叠纪、侏罗纪、白垩纪 3 个纪;新生代分为第三纪和第四纪两个纪。纪的名称是翻译过来的,但也有一定的含意,如石炭纪是因为那个时代地层内富产煤炭而得名,侏罗纪是因为德国与瑞士交界的侏罗山而得名。纪下面的世一般分为早、中、晚 3 世,如早志留世、中志留世、晚志留世,但有的纪则只分为早晚两世,如白垩纪分为早白垩世和晚白垩世。

如果将地球各个历史时期和生物活动的主要历程缩短为 12 小时 绘成一张特殊的“时钟图”(如图 32),我们便可对地球各个历史时期的新老和长短有一个相对概念。图中内圈为地球各个历史时期距今年龄(单位为百万年),并表示了各门生物的发生发展;外圈表示地球历史各时期相对长短的时钟数。

从表中可见,太古代和元古代在时钟刻度上占 9.5 个小时以上,这是生命孕育和初期发展阶段,这时生物进化速度十分缓慢,种类和数量都不多,且形体简单,晚期海生藻类较为繁盛。九点半(距今 6 亿年)以后的寒武纪和奥陶纪,海生无脊椎动物大量繁殖,占据优势,这就是海生无脊椎动物的时代——早期古生代。鱼类诞生于 10 点钟以后(距今 4 亿年左右),不久,便出现了各类陆生植物。动物从鱼类、两栖类、爬行类到鸟类、哺乳类的进化都是 10 点钟以后的两个小时(约 5 亿年)内完成的。至于人类问世已是接近正午时分(第四纪)了。人类有文字记载的历史对整个生物发展史来说,更是短暂得无法从图上表达。

这张特殊的“时钟图”表明,在漫长的地球历史时期上,生物的出现是有先后顺序和一定规律的:从水生到陆生,从简单到复杂,且生物界进化是加速发展的,形态愈高,进化愈快。这种规律被称为进化的加速度规律。

110 . 生命的孕育和初期发展阶段
——太古代

目前,人们根据同位素地质学的方法,测定的原始地壳的形成,距今 46 亿年直到 25 亿年左右,这就是地壳发展中最古老、最原始的历史时代——太古代,它共经历了 20 余亿年。在太古代,地球上的生命尚处在孕育和初期发展阶段,当时地球表面一片荒凉,既没有像今天这样湛蓝的天空,也没有碧波荡漾的海洋,更没有碧绿苍翠、色调柔和的大地,有的只是喷发频繁的火山,凝厚而低沉的大气圈,就连生命所需要的氧也很稀少。就在这样恶劣的环境里,生命开始了其艰难而漫长的孕育和发展历程。

其实，太古代中生命的孕育决非偶然的，如前所述，地壳刚形成时火山活动频繁，大量地核物质不断喷出地面。这些成分主要有金属氮化物、金属碳化物、金属硫化物、氮、氢和过热水蒸汽等，它们由于地球引力的作用，密度在逐渐增加。从对陨石和太古代地层的化学分析中同样证实，太古代的原始地壳中显然具备了组成生命的6种主要元素：碳、氢、氧、氮、磷、硫。于是，一些无机小分子便相互作用，在不断的化分化合中产生了从简单到复杂的有机化合物，最后汇集到海水中，这一过程持续了若干亿年，为地球上生命的发生准备了有机物质来源，如氨基酸、核酸等。这些溶解在海水里的有机物质，经过亿万年来漫长而复杂的理化作用，终于组成了多分子体系。我们知道，像氨基酸、核酸等有机物质在单独情况下不能表现生命现象，只有当它们聚合成多分子体系时，才能初步显示出某些生命现象，可以说这种多分子体系就是原始生命的萌芽。然而，生命作为一个独立的体系存在，必须有一定的界面。一般认为，在多分子体系的基础上，经过某种浓缩机制就产生了原始的界面。于是，原始生命便孕育成功了。

那么，在太古代的地层中是否留下地球上最古老的生命遗迹呢？以前，人们普遍认为太古代地层中不含化石，但随着近代实验技术的发展，如高倍显微镜和电子显微镜的应用，一些很原始的、形体微小的超微体化石陆续在太古代地层中有所发展，目前已知最古老的化石是在非洲南部32亿年以前的地层昂威瓦特群中找到的，为直径2—6微米的球形及椭圆形微体构造。就在上述同一个地区，在距今32—30亿年的无果树群中也发现了球形和椭圆形的细菌，直径只有0.1—0.75微米。此外，在北美巩弗林特燧石层中还发现过原始藻类化石。

到目前为止，人们找到的太古代的可靠化石还不算多，这是因为最早的生命都很原始，或是因为化石轻散、脆弱易碎的缘故。但凭借已发现的太古代化石，我们不难得出这样的结论：太古代是生命孕育和初期发展的阶段。

111. 生命的摇篮

——海洋

我们知道，生命起源是通过化学途径实现的，且生命化学演化的最初舞台是原始大气。然而，生命的摇篮是海洋，而不是原始大气，原始海洋是生命化学演化的中心。

原始海洋同原始大气一样，是由地球内部产生的。在原始地球初期的5亿年中，水量大约只是现在的10%，地下结构水以蒸汽的形式随地球内部的气体喷射而慢慢地被搬运出来。这样，地上的水量就逐渐有所增加。在这一过程中，一方面由于地壳的不断变动，有些地方隆起形成高原和山峰，有些地方则收缩下陷而成为低地和山谷；另一方面由于火山喷发而释放出大量热量，使地表温度逐渐降低。当温度降至100℃以下时，地球上的水蒸汽便从气态转化为液态，并在一定条件下（如寒流袭击、雷电等）形成雨水，经过长期的积累终于出现原始海洋。有关资料表明，在原始海洋里，水中的盐分较少，含量和现在的淡水差不多。

那么，为什么说原始海洋是生命的摇篮呢？现在已清楚，具有高度反应活性的分子虽然在气相中生成，但它们只有在水溶液中才能发生化学反应，因为所有生命物质都涉及液相。因此，液态水乃至原始海洋的出现是生命化学演化中的重要转折点，一旦雨水把大气中一些生成物降于原始海洋后，原始海洋便成了生命化学演化的中心。

我们还是简略地看一下生命起源即化学进化过程所经历的几个主要阶段：(1)由无机物生成有机小分子。这个阶段以原始大气为舞台，生成物为甲烷、乙炔等；(2)由有机物小分子形成生物大分子。从这个阶段开始，原始海洋成了生命演化的中心。最终形成的生物大分子为蛋白质和核酸等，这一转化必须在水中进行；(3)由生物大分子组成多分子体系。模拟实验表明，原始海洋的海水温度比较适合于生物大分子的存在。因此，在这一阶段中，蛋白质、核酸、多糖、类脂等生物大分子，有可能在原始海洋中不断浓缩，最终形成多分子体系；(4)由多分子体系发展为原始生命。这一阶段主要是原始界面的形成，这个过程必须借助海水才能完成。

从以上生命起源的化学过程来看，大部分化学反应是在原始海洋中进行的，最初的原始生命是海洋中诞生的，没有原始海洋，就不可能有原始生命，更不可能有今天绚丽多彩的生物界。因此，我们可以毫无疑问地说，海洋是生命的摇篮。

112. “藻海茫茫，谁主沉浮”

——谈藻类世界的进化

从前寒武纪 19 亿年至泥盆纪 4.4 亿年前，藻类作为“统治”海洋的生物极为繁盛，形成了空前繁荣、面貌一新的海生藻类世界。藻类植物在进化上属比较原始的低等植物，植物体的构造简单，没有根、茎、叶的分化，配子体比孢子体发达。

最初出现的藻类植物是单细胞藻类，这是距今 19—10 亿年前的单细胞藻类植物时代，它们一直以“前寒武海”为演化中心。其中，一部分浅海类型演化为绿藻，而另一部分深海类型则演化为褐藻、红藻等。

大约 9—7 亿年前，出现了多细胞藻类植物后，高级藻类才开始发展。这是藻类植物进化的第二个小阶段：多细胞藻类植物时代。

7—4 亿年前是藻类植物进化的第三个小阶段，也是大型藻类植物时代，到了 4 亿年前的志留纪，随着蕨类植物的兴起和发展，藻类植物时代就宣告结束。

藻类植物时代结束后，一方面地层中留下了许多古老的藻类化石，另一方面，许多藻类继续生存和发展，一直延续到今天。

走进雄伟壮丽的人民大会堂，人们一定会看到四周墙壁和地面上铺砌着五光十色的天然大理石，在大理石上有许多自然生成的花纹。起初，人们把这些花纹只当做是岩石上的一种特殊结构，与生物无关。后来在放大两千倍的电子显微镜下观察，竟看到了藻体的痕迹如藻丝、藻丝分叉及许多分散的藻群，这才被确认为是一种古老的藻类化石。这类水藻多是过着群体生活，在水中形成一层层重迭的圆形排列的生长方式，故称“同心藻”。同心藻在水中具有吸收矿物质（钙）的能力，这些矿物质一层层沉积下来，在地层中长期得到保存就成为化石。这种化石为我们提供了一种天然的“艺术品”。另外，在野外有时可以看到藻类化石组成的石灰岩岩层，厚度巨大，色泽鲜艳，十分壮观，使我们有身临“藻海”，回到藻类世界的感觉。

今天，藻类作为最简单、最古老的植物类群之一，分布于世界各地，凡潮湿的地区，都可见其踪迹。各种藻类体积大小差异很大，最小的为单细胞植物，一般都是浮游的藻类，须用显微镜才能观察到，如小球藻、衣藻、硅藻等。最大的藻类由数百万个细胞所组成，长达数百米，植体很大，如海水中的海带。海水中还有紫菜、石花菜等，可提取培养基用的琼脂，它们也都

是藻类植物。海水里也有大量的浮游单细胞藻类，阿拉伯半岛和非洲大陆之间的红海，海水呈红色即由于其中生长了大量的藻类所致。

今天，茫茫“藻海”中，真可谓是“群英荟萃、可显千秋”。

113. 海生无脊椎动物的时代

——早期古生代

早期古生代是指距今 5.7 亿年到 4.4 亿年间的时代，包括寒武纪和奥陶纪。寒武纪以前生命的星星之火已发展成为燎原之势。从早期古生代开始，生物繁荣发展和大量保存为化石成为这个时期的重要特征，它反映了生物演化发展过程中的一个重要飞跃。然而，当时陆地上的生命依然是星星点点，十分罕见，呈现一片荒凉景象，而占地球面积大部分的海洋中却生活着千千万万的动物，其中主要是无脊椎动物。因此，早期古生代被称为“海生无脊椎动物的时代”。

在早期古生代特别是寒武纪的海洋里，有一种身体分节的原始节肢动物，它的身体明显地分为头、胸、尾三部分，在其身体背面还有几丁质硬壳，因而很容易保存为化石。由于这种动物的身体明显分为三叶（中央轴部和两侧肋部），所以叫做三叶虫。三叶虫的头、胸、尾三部分各由若干体节组成，每节具附肢一对，节数随身体的生长而增加。人们普遍认为三叶虫与虾、蟹等现代甲壳类亲缘较近。三叶虫的大小不等，大的达到 75 厘米，小的还不到 1 厘米。在地层里已发现的三叶虫有千种以上。

三叶虫在地球上主要出现在早期古生代（图 33），寒武纪是三叶虫的极盛时代，当时它们种类繁多，兴盛一时，是当时海洋里的重要无脊椎动物，所以地球历史上就有了一个三叶虫时代。世界上寒武纪地层的划分和对比主要依据三叶虫化石。到了奥陶纪三叶虫就大大减少了，随着古生代的结束，三

叶虫也就绝灭了。

除了三叶虫之外，早期古生代还有其他多种海生无脊椎动物，现就其常见的几种作一简单介绍。

古杯类，一种具有杯状骨骼的低等海洋动物，现已绝灭，化石在世界各地均有发现。目前已发现的古杯类动物已有 250 多个属，主要生存于寒武纪早期。

角石类，又称头足类。在奥陶纪的海洋中广泛繁育。角石类身体呈圆锥形或近圆柱形，有的还很像牛角。我国湖南省的永顺县境内发现大量角石类化石，当地称“宝塔石”。

腕足类，有两个壳，大者称腹壳，小者称背壳。依靠壳肌两壳可以张开和关闭，壳内有一对腕可捕取食物，因而称腕足动物。腕足动物主要盛产于古生代，以后就衰落了，现代海洋中的腕足动物（如酸浆贝、海豆芽）仅仅是它残留的少数属种。

笔石，实际上并不像笔，它的骨骼外形倒有点像锯条、宝剑，有的还像树枝。笔石动物形体很小，一般只有几厘米。这种动物出现于寒武纪后期，在奥陶纪和志留纪为笔石发展的极盛时代。

早期古生代还有其他许多海生无脊椎动物，形形色色的动物生活在碧波万顷的大海，构成了繁盛的“海生无脊椎时代”。

114. 鱼类和裸蕨植物的时代

——中期古生代

中生代距今 4.4 亿年到 3.5 亿年，大约经历了 9000 余万年，包括志留纪和泥盆纪。

中生代是生物进化史上的重要阶段。地球上最早登陆的原始陆生植物裸蕨类的出现，标志着植物界从水生到陆生的飞跃，使得早期中生代大陆地表那种荒凉景象逐步变得碧绿苍翠，色调柔和。动物界也在适应环境的斗争中不断自我更新。鱼类在志留纪时已有所发展，到了泥盆纪更加繁荣起来，因此有人称志留纪、泥盆纪（合称中生代）是鱼类的时代。

（1）地球上最早登陆的原始陆生植物——裸蕨类

据可靠的化石记录，裸蕨是最先登陆成功的植物，它最初出现于晚志留世，到了早、中泥盆世便达到了最繁盛的阶段。裸蕨植物还没有真正的根茎叶的分化，但已经有了假根和原始的输导组织。裸蕨植物具有藻类所没有的气孔及起保护作用的角质层，这些都是陆生植物的特点，但它没有根和叶，形体简单而类似于藻类。因此，可以认为它是属于藻类和较高等植物之间的过渡类型，它是植物由水生到适应陆地生活的开端。

裸蕨植物由形态结构上较高等的藻类演化而来，这些藻类具有假根、假叶和假茎，存在着演化成为陆生高等植物的可能。植物上陆以后，最初出现的裸蕨无叶、无根，原始的输导组织好像赤条条的一根“光棍”，后来由于陆上空气、阳光在地面之上，而水和养分则在土壤之中，这就促使植物体有了地上部分和地下部分的明显分化。地下部分吸取水分，地上部分向空中发展，以争取日光和空气，进行光合作用。为了解决水的运输，植物体又发展了体内的维管束。地上部分暴露在空气中，容易丧失水分，表皮便形成了减少水分蒸发的角质层和控制水分蒸腾的气孔。所有这些变化都为适应陆地生活和真正的根、茎、叶的分化打下了坚实的基础。

（2）脊椎动物中最适应水生生活的一个类群——鱼类

大约从晚志留纪到泥盆纪（4.4—4 亿年前），是鱼类时代。甲胄鱼是现在已得到的最早的脊椎动物化石，而现代的各种鱼类则是由和甲胄鱼关系很近的盾皮鱼发展演变而来。盾皮鱼的化石发现于志留纪后期，比甲胄鱼稍晚一些，然而，它和甲胄鱼一样，乃是匆匆的时代过客，随着泥盆纪的结束，基本上已退出了历史的舞台。盾皮鱼类中出现最早的是棘鱼类，现代鱼类的渊源，可以追溯到这类动物。

盾皮鱼类在生存和发展中，一部分进化为软骨鱼类，一部分进化为硬骨鱼类。距今 4 亿年前的泥盆纪，在动物地质史上是鱼类的繁盛时代。在这段时间，长期的造山、造陆运动使内陆水域面积大为减少，气候变得炎热干燥，原始鱼类中产生出两种适应方式，一是由内陆水域迁居海中。具有这种适应方式的是软骨鱼类，由于这是一种比较消极的适应，软骨鱼类从地质时期直至今日既不繁盛，也不衰减。另外一种适应方式是由体内出现能呼吸空气的原始“肺脏”，在必要时代替鳃的功能。硬骨鱼类便采取这种适应方式，它除有原始的“肺脏”外，一般还披有鳞片，具有保护和“抗旱”作用，所以它发展很快，成为最成功的水生脊椎动物。直到今天，全球水域中几乎都有硬骨鱼的分布。

除此之外，中生代还有花朵状的动物——珊瑚和极为繁盛的腕足类等无脊椎动物大量存在和发展。

晚期古生代的蕨类植物同现代的相比有着明显的不同，它们多为木本大树，是造林或成煤植物的主要来源。

到了泥盆纪中期，大陆气候变得干旱，裸蕨类的地下部分为了增加吸水面积而产生了细小的叉状旁枝，这种结构已经比较像根了。光秃秃、赤条条的地上输导组织由于受光面积小，迫使其上面长出了许多鳞片状的“突出体”，以增大光合作用的面积，这种突出体也就是原始类型的叶。泥盆纪晚期，气候进一步干旱，一部分裸蕨由于承受不住干旱而衰亡绝灭了，另一部分则在与自然环境的斗争中演变为更加高等的植物，这就是石松类(图 34)、真蕨类等蕨类植物。

石松类植物：在晚期古生代，石松植物分布很广，属种也远比现在多，它们大多为木本大树，如石松类的鳞木，已经有了真正的根和简单的针形及线形叶片，它们的茎干有的可以高达 40 米，基部直径达 2 米，是石炭纪、二叠纪主要的造煤植物。现代的石松植物属种已经很少(图 35)，而且多为灌木，植株小型，茎直立或匍匐，且分枝。有简单的小叶。

真蕨植物：真蕨植物也是由裸蕨植物演化而来，在泥盆纪已出现，石炭纪、二叠纪大为发展，到了中生代仍然很繁盛，现代尚有 400 余种，真蕨植物一般生活在潮湿阴暗地区，有不太发育的茎和大型羽状复叶。当然，也有少部分长成高大树木的。一般化石主要是保存叶部，要注意叶的结构、形态及叶脉特点等。

节蕨植物：一般茎分节、分枝，叶轮生于节上，大部分茎中心具空腔。如现代的木贼就属于节蕨类。石炭纪、二叠纪节蕨类化石有芦木、楔叶等。

总之，晚期古生代的石松类、真蕨类和楔叶类等蕨类植物极为繁盛，形成大片沼泽森林。因此，晚期古生代是蕨类植物的造林时代。由于它们有根、茎、叶的分化，因此为建立更好的陆地植物区系奠定了基础。但是，在蕨类植物的生活史中，受精作用仍离不开水环境，其配子体必须生长于潮湿的环境，因而蕨类植物尚未能像种子植物那样更适合于陆地上的生活。这一点是蕨类植物原始性的反映。它们在二叠纪时开始衰败，到了中生代以后便逐渐为种子植物所超越了。现代蕨类植物约有 12000 种，我国蕨类植物是较丰富的，约有 2600 种。它们大多适于林下或山野、沟谷、溪边、沼泽地等较阴湿的环境，从全球来看，尤以热带、亚热带地区最为丰富。

116 . 陆生脊椎动物的共同祖先

——总鳍鱼类

在 3 亿多年前的古生代泥盆纪，地球气候温暖而潮湿，这种气候使羊齿植物空前繁茂，大量植物残体使某些水域败坏、氧气缺乏并导致干枯。许多古代硬骨鱼类由于不适应当时的环境变化而死掉了。这个时期，生活在浅水和潮湿的泥水地带的总鳍鱼被迫去寻求新的生活领域，它们终于脱颖而出，在长期的陆地生活的尝试和适应中，进化成两栖动物。因此我们说总鳍鱼代表着陆生脊椎动物的共同祖先，是鱼类进化为两栖类的过渡类型，是水生到陆生的“桥梁”动物。

为什么总鳍鱼能够在环境变化的情况下上陆生活而成为陆生脊椎动物的共同祖先呢？这要从总鳍鱼类的躯体结构上加以分析。当时用鳃呼吸的硬骨鱼类一旦离水，鳃丝便粘连成丛，干枯致死。而总鳍鱼则可将鳔作肺用直接呼吸空气中的氧气。此外，它们的胸鳍和腹鳍的骨骼排列方式和陆生动物的四肢的骨骼基本相同，这种强有力的鳍便于在陆地上支撑和移动身体。这样，

总鳍鱼就具备了上陆生活的两个重要条件。同时，泥盆纪晚期的环境条件又给予了总鳍鱼上陆的“动力”，总鳍鱼就脱颖而出。

总鳍鱼爬上陆地后，逐渐完善了适应陆上生活的结构。不断的爬行运动使鳍中的骨骼构造进一步向足发展，还长出了五趾，变得越来越像足而不像鳍（图 36）。原来总鳍鱼的呼吸器官是鳃肺并用，在陆上呼吸的长期锻炼使鳃的功能日渐消失，而肺的功能日益发展。一旦足否定了鳍，鳍变成了足，肺取代了鳃的时候，原来适应水生生活的鱼也就起了质的变化，逐渐进化成初步适应陆生生活的两栖类了。因此说两栖类起源于古代的总鳍鱼类。总鳍鱼的化石在三亿年前的地层里就已发现，表明那时已是陆生脊椎动物的黎明时代。

其实并非所有的古代总鳍鱼类都上陆而发展成为最初的陆生脊椎动物，即两栖动物。另外一些种类在向海洋迁移，但是在海洋中它们竞争不过数量既多而适应能力又强的古鳍类，终于在中生代后期，绝大部分被淘汰而绝灭。只有极少数种类如矛尾鱼、马兰鱼等留存到今天成为“活化石”。有趣的是过去人们一直认为总鳍鱼是一种早已绝灭的鱼类。一直到五十多年前非洲东海岸的一位渔民在印度洋里捕到一条青铜色的鱼，经科学人员研究确认为总鳍鱼。这一发现被人们称为是总鳍鱼的“活化石”，轰动了科学界。不久，在 1952 年果然又捕到了一条总鳍鱼。

117. 开创脊椎动物登陆光辉历史的先驱

——两栖类

从水中生活的总鳍鱼进化到陆上生活的两栖类，是脊椎动物进化史上最重大的事件之一。两栖类作为承上启下的关键动物，开创了脊椎动物登上陆地的光辉历史。

对于动物来说，水和陆是两种截然不同的生态环境，除了湿度条件存在着巨大差异外，还有一些重要的不同。例如，空气含氧量比水中充足，水的密度比空气大，水温的变化幅度小，陆地环境复杂多样等。从水生过渡到陆生，环境条件的巨大差异，就使登陆动物面临着一系列新的矛盾，其中首先必须解决的是在陆地支持体重并完成运动，以及呼吸空气中的氧气。

由于空气密度较低，不仅需要以强大的四肢将身体支撑起来以抵抗重力，还必须能推动动物躯体在地面上移动。这就要求强有力的附肢以及具有多支点的杠杆运动的关节。两栖类中出现的五趾型四肢就是这种类型的运动器官。我们知道，两栖类起源于古代的总鳍鱼类，总鳍鱼的鳍内骨骼的排列方式和原始两栖类的四肢骨有些相似，因而人们推想两栖类的四肢是总鳍鱼类的胸鳍、腹鳍演变来的。五趾型四肢的出现使登陆成为可能。由早期两栖类所开创的运动形式，在陆栖脊椎动物演化过程中以多种多样的方式加以继承和发展。

对于空气中充足的氧气，两栖类已发展为用肺呼吸空气，但由于肺的结构还很原始，只是一对薄壁的囊，氧的供应不足，还不能担负全部呼吸作用，因而皮肤就成为呼吸的主要辅助器官。皮肤呼吸在两栖类占有重要地位，在冬眠期间几乎全靠皮肤呼吸。

另外，两栖类还基本上解决了适应于陆地生活的感觉器官和神经系统等方面的问题。这是通过发展新的结构以及对旧有器官的结构和功能加以改造而实现的。

两栖类作为新生事物刚刚登上陆地活动舞台，对于陆生生活的适应总是

不十分完善的。例如刚才提到的皮肤呼吸以及幼体的鳃呼吸。特别是两栖类根本未能解决在陆地生活防止体内水分的蒸发问题（皮肤防止蒸发的抗透水性与两栖类的皮肤呼吸完全对立），以及在陆地繁殖问题（卵必须在水中受精，幼体在水中发育，完成变态以后上陆），因而未能彻底地摆脱水的束缚，只能局限在近水的潮湿地区分布，只能在水中生活。

最早的两栖类出现在泥盆纪，但泥盆纪终究是鱼类的时代。两栖类的祖先自泥盆纪晚期出现以后，在与陌生的环境斗争过程中，不断发展着自己。到了石炭纪，它们的繁荣历史开始了。两栖类最繁盛的时代是石炭纪和二迭纪。

在现今世界上，两栖类的地位并不很重要，它们的数量不算多，经济价值也不大。然而从进化的意义上说，两栖类开创了脊椎动物登上陆地的光辉历史，打开了脊椎动物向陆地上发展的道路。因此我们说两栖类是承上启下的关键动物。

118 . 大自然为动物拍摄的“特写镜头”

——脚（足）印化石

在欧洲中部地层里，曾发现过一块很有趣的化石。在一块砂岩上，保存着昆虫爬行过的痕迹，在虫迹的附近还发现了食虫动物蜥蜴的足印，这两种印迹会合后，虫迹不见了，留下的只有吞食者蜥蜴扬长而去的足印。这一化石生动地记录了一幕生物捕食活动的历史片段。

1802年，一个叫穆迪的美国农民孩子在他家乡康涅狄格河峡谷附近发现了一批脚印化石，开始误认为这是一些古代鸟类的脚印化石，经过一百多年许多学者的反复研究，才得知它们是肉食性虚骨龙类或者是原始蜥脚类恐龙的脚印，它们是迄今已发现的最早的恐龙脚印。被人们称为“历史的脚印”的恐龙脚印化石是恐龙化石中的珍品，在博物馆里是最受人重视的展品之一。

为什么说脚印化石是大自然为动物拍摄的“特写镜头”呢？

我们知道，动物在一生中要走许多路，如果所有脚印都保存下来，数量是相当惊人的。恐龙一天平均至少得走3000步，如果这种恐龙是两脚着地，那么它一天至少可以留下6000个脚印，如此推算一条恐龙一生走路的脚印该是一个巨大的数字。事实上脚印化石并不是很多的，因为在一般情况下，动物的脚印并不能长久保存下来。在干硬的地面上，动物走过后只踏上浅浅的印痕，随即便消失了。若地面过软，动物的脚抬起时，周围流动的泥沙很快挤拢过来，印痕便随之消失。只有当泥沙的湿度适当时，才能保留住脚印。更重要的是，印有脚印的层面要适时地被外来的沉积物所覆盖，过早或过晚都不能形成“历史的脚印”——脚印化石。

脚印化石是生物遗迹化石的一种，对了解生物的生活习性、行动方式、复原生物外貌以及研究整个自然历史都有重大价值。比如我们从一些恐龙脚印化石刻印的深冲可以推测该动物身体的重量；由脚印的大小可以推断恐龙身体的大小；由脚印前后间距可以计算恐龙身体的长短。另外，如果脚印化石是反印的，可以证明地层有了倒转。更为重要的是，从脚印化石中可以找到一些从骨架化石中难以获得的资料。例如，在同一个层面上保存脚印的多少，排列的疏密代表恐龙是成群的还是单独的行动，脚印的方向代表恐龙的来踪与去向。前面提到的在美国康涅狄格峡谷发现的恐龙脚印化石，为人们描绘了当时在那里居住的早期恐龙的生活情景：有一些大小不等的恐龙为了

寻找食物或逃避敌害而在多泥而平坦的河边或湖边来回走动。绝大多数恐龙都在漫步或小跑，有的急步前进，有的在泥泞中滑行，脚印化石为我们描绘了一幅生动的恐龙生态照片。

我国早在 1929 年于陕西神木县发现过恐龙脚印化石。此外，在吉林辉南、四川广元、山东莱阳等地也都发现过脚印化石。这些脚印化石为研究恐龙和了解自然历史提供了宝贵的线索。

119 . 恐龙的首次发现和研究者

——曼特尔

世界上最早发现恐龙化石并加以真正研究的人，是英国的乡村医生曼特尔 (Mantall, 1790—1832)，他的家住在英国南部的刘易斯 (Lewes)。曼特尔除了行医以外，非常热心于收集化石。在他的带动下，妻子也有了一些化石方面知识。

1822 年 3 月的一个早晨，曼特尔到农村为病人看病，因为在病人家里耽误的时间过久，他的妻子就去接他。在一条新修的公路行走时，她发现新劈开的岩面上有一些具有特别光泽的东西。她仔细观察后，认出来是一些动物的牙齿化石，于是她小心翼翼地把化石包好，交给了一路回家的曼特尔。

曼特尔发现这些牙齿化石是如此特别，以前还从未见过。他怀着极大兴趣重新来到了化石采集地，不仅找到了同样的牙齿化石，而且还发现了他仍不认识的骨骼化石。

曼特尔决定把这些化石寄给当时法国资产阶级古生物学家居维叶。居维叶根本不重视这样一位“小人物”的发现，他从过去的经验出发，断言牙齿是一些大型哺乳动物的牙齿，骨骼化石是一种河马化石。

曼特尔对居维叶的鉴定感到怀疑，就将这些化石送给另一个古生物学家、英国牛津大学的巴克兰，巴克兰听说化石已由居维叶鉴定过，就毫不思索地同意了居维叶的结论。

然而曼特尔并不迷信这些科学上的“权威”，他决定自己来研究这些化石。他到英国各大博物馆去观察标本，并翻阅了大量有关资料，最终发现没有一种标本与他要鉴定的标本相同。在 1825 年的一天，当曼特尔正在伦敦的一家博物馆比较他的标本时，他遇到了一位有实际经验的博物学家，这位博物学家正在研究他从墨西哥及中美采到的一种现生蜥蜴——鬣蜥。曼特尔惊喜地发现自己手中的化石牙齿与鬣蜥的牙齿很相似。经过更进一步的研究，曼特尔终于得出结论，认为他发现的牙齿不属于哺乳动物，而是一种早已绝灭的，过去尚未发现过的爬行动物。同年曼特尔发表了这些化石牙齿的研究报告，他给这种新发现的爬行动物起了个拉丁文名叫 Iguanodon，我国首次使用这个名称时译为“禽龙”。

科学的发展完全证实了曼特尔的鉴定是正确的，后来在英国比利时等地都发现了完整的禽龙化石骨架。禽龙成为首次发现的恐龙，乡村医生曼特尔成为第一位恐龙的研究者。禽龙的发现吸引着人们以极大的兴趣去探索恐龙世界的秘密 (图 37—38)。

曼特尔首次发现者和研究恐龙至少给我们两点启示：第一，“兴趣是最好的老师”，曼特尔的发现决不是偶然的，因为他对化石研究有着极其浓厚的兴趣；第二，对科学上的名人我们应该尊重而不迷信。

正是因为坚持了这一点，曼特尔才有可能成为第一位恐龙的发现者和研究者。

120 . 爬行动物的时代

——中生代

古生代末期的爬行动物就像一朵含苞未放的花蕾，当地球进入中生代时，环境更适合爬行动物生存了，这朵花蕾就大放异彩，迅速辐射出各式各样的支系来，种类之繁多，式样之光怪陆离，达到空前地步，它们是脊椎动物进化史中第一个成功地占据海、陆、空三大领域的代表，水中有鱼龙，空中有翼龙（图 39），陆地上的恐龙。所以，有人把中生代称为“爬行动物时代”或“龙的时代”。

中生代是指 2.3 亿年至 0.7 亿年以前的一段地质时期，爬行动物“统治”地球长达一亿多年。中生代包括三叠纪、侏罗纪和白垩纪。中生代与古生代比较，地球景观改变的明显特点是陆地继续扩大，海区继续缩小，气候变得干旱。具有适应于陆生结构以及羊膜卵的古代爬行类能够适应变化了的环境，并在斗争中不断发展，把自己的进化史推到了最高峰。显然，在这里我们不可能，也没有必要对古爬行动物逐类加以介绍，仅从海、陆、空三个方面大致介绍一下它们的盛况。应该指出，这种海、陆、空的、分法，只是从它们的生活方式来划分，并不代表它们之间的血缘关系。

（1）海生的爬行动物

我们知道，爬行动物已摆脱了对水的依赖，成为第一种完全陆生的脊椎动物。然而，当它们发展到一定阶段时，其中的部分成员又回到水中生活，扩大了它们的生活领域。这种现象属于次生的，如大家熟悉的哺乳类中的鲸也属于这种情况。蛇颈龙是海生爬行动物中相当成功的一类，到其全盛时期有的身长竟达 13 米多，显然是当时海洋中的“大怪物”。这类动物很像乌龟的身体上装上了长蛇一样，蛇颈龙就因此而得名。还有另一类与蛇颈龙近亲的海生爬行动物叫上龙，上龙化石在我国屡有发现。另外一类很成功的海生爬行动物叫鱼龙。鱼龙凶猛善游，是当时海洋中无可匹敌的动物。

（2）飞翔的爬行动物

一般把飞翔的爬行动物叫做飞龙，但也有人叫它们翼龙。它们最显著的特点是前肢与鸟一样变成了飞行器官，第 1、2、3 指已退化，第 5 指已消失。第 4 指由长而粗的 4 节指骨组成，光滑无毛的翼膜就连接在第 4 指与身体两侧中间，形成了飞行的“翅膀”。但是，这种“翅膀”比起鸟类的翅膀来，真是大有逊色。因而它们并不能作远距离飞行，只是在海边、湖边等地滑翔。

（3）陆地上的爬行动物

在中生代，种类上、数量上最多的还是陆地上的爬行动物。我们称中生代为“爬行动物的时代”，主要是指当时在陆地上生活的形形色色的爬行动物。其中的双颞窝类是古爬行动物中种类及数量均极为繁多的一个类群，构成中生代爬行动物的主体。它们的共同特点就是在头骨上每侧具有两个颞窝。恐龙当然是双颞窝类的主要成员。当时的恐龙体型小者不足 1 米、大者达 30 米，为陆栖动物中体型最大的，可称地球上的一霸。恐龙可分为蜥龙类与鸟龙类两大类，每类中又有许多分支。前者如著名的霸王龙、跃龙，后者如禽龙、剑龙、山东龙等。

中生代是爬行类的时代，它们在一亿多年的漫长岁月中，躯体结构、生活习性和食物均向着专一化方向发展，能较优越地适应所栖居的特定环境。但到了中生代末期，气候、环境的巨大变更以及激烈的生存斗争终于使古爬行类败下阵来，从而结束了盛极一时的“爬行动物的黄金时代”。

121 . “霸主”为何一去不复返

——恐龙绝灭的原因之争

恐龙最早出现于中生代三叠纪晚期，它们曾经不可一世地独霸地球陆地一亿多年。随着中生代的结束，它们也悄悄地在地球上消失了。于是，整个爬行动物统治世界的时代也跟着一去不复返了。这是生物进化史上最动人的一幕。生物由发生、发展到被更高级的生物类型所代替以至绝灭，是自然发展的规律。恐龙的兴衰充分证明了这一点。那么恐龙究竟是怎样绝灭的呢？

关于恐龙的绝灭，最常见的说法有：白垩纪末期的地壳运动、火山爆发引起了造山运动，因而影响了气候、植物的变化，进而威胁了恐龙的生活，导致其绝灭。有人认为是太阳黑子爆发，宇宙射线增加，将恐龙杀死了。有人认为是地球外物质，如彗星和地球的撞击使它们绝灭。有人认为恐龙得了传染病，所以很快死光。有人认为恐龙长得那么庞大是一种病态，自然要绝灭。还有人认为主要是哺乳动物的竞争，使恐龙败下阵来。真可谓众说纷坛，莫衷一是。

我们在探讨恐龙绝灭的原因时，首先应从恐龙本身的内因着手，其次再联系到外界因素。恐龙的绝灭和其他事物的发展一样，也必然是内外因相互作用的结果。上面关于恐龙绝灭原因的观点都具有一定的片面性。

从整个爬行动物来看，它们的生理机能和构造特征显然还是比较原始的，诸如脑不发达，心脏分隔不完全，变温，卵生等。原始的、落后的旧事物必然要被进步事物所代替，这是自然规律，是任何力量也阻挡不了的。在白垩纪末期，地球发生了强烈的地壳运动——造山运动。由于地壳剧变导致气候、环境的巨大变更，使植物类型也发生了改变，被子植物出现并逐渐居于优势。这些都给狭食性的恐龙带来严重威胁。因此，环境、气候的巨大变化打破了恐龙原来内在条件与外界环境的统一性，于是原来最适应旧环境且已特化了的恐龙便走向反面，成为最不适应环境的了。

恐龙绝灭的另一原因必定与新兴起的哺乳动物有关。哺乳动物的恒温、胎生、神经系统发达等特征都是恐龙望尘莫及的。环境的变化使新兴哺乳动物的高级特征的作用得以发挥，所以显赫一世的恐龙不得不退出自然历史的舞台而让位给新兴哺乳动物。

应该强调一点，虽然从地质学的观点来看，恐龙的绝灭的确带来戏剧性和突然性，但实际上并不是都同时在白垩纪末期一起绝灭的，比如剑龙是在白垩纪早期就绝灭了。即便是在白垩纪末期绝灭的恐龙也有时间先后。恐龙的绝灭也经历了由量变到质变的过程。

另外，在白垩纪末期，不仅是恐龙绝灭了，其他爬行动物如翼龙、鱼龙等也绝灭了。可见，恐龙的绝灭绝不是一个孤立的事件，而是与整个爬行动物的发展史相联系的。虽然有少数爬行类苟延到新生代以至今日，但毕竟大势已去，已非爬行动物的时代了！

122 . 迄今已知的最早鸟类

——始祖鸟

1861年在德国的索伦霍芬石灰岩中，发现了世界上首例鸟类化石，这就是有名的始祖鸟化石（图40）。该地层属侏罗纪，距今约1亿5千万年。有趣的是，以后在德国的同一地点（相距不远），同一层位，又相继发现了4例始祖鸟化石，这是迄今仅有的5例原始鸟类化石。始祖鸟便成为已知的最早鸟类。这个地方在古代是热带淡水湖泊，推测这些始祖鸟是在飞行中偶然

坠入湖内，并迅速地被很细的灰质沉积物覆盖埋藏起来而得以保存的。

闻名世界的始祖鸟化石，在 19 世纪中叶首次发现后，曾轰动全球，因为它不仅是爬行类向鸟类演化的一个实证，而且代表了脊椎动物由陆地向空中发展成功的标志，说明现代的鸟类是由侏罗纪的始祖鸟演化而来的。

始祖鸟具有翼，骨盘为“开放式”，后足具 4 趾，三前一后，同时又有清晰的羽毛印痕，这些都是典型的鸟类的特点。

始祖鸟化石保存得如此完好，的确是很侥幸的。不仅骨骼得以很好保存，连羽毛的印痕也被清晰地保存下来了。否则，仅根据骨骼构造来看，真会把始祖鸟误认为爬行动物了。的确，在始祖鸟身上还保留有许多爬行动物的特征，诸如，它有一条由 18~21 个分离的尾椎骨组成的长尾；前肢具 3 枚分离的掌骨、指端具爪；具有牙齿；肋骨无钩状突。这些特征显然与现代鸟类有区别。但是，具有翼和羽毛且能过飞翔生活的始祖鸟显然已跨越了爬行动物的门槛，成为已知鸟类的最早代表。

始祖鸟为爬行类进化到鸟类提供了直接的化石证据，它是爬行类到鸟类的中间过渡类型。始祖鸟的发现，说明自然界中没有绝对分明和固定不变的界限。恩格斯评述始祖鸟的发现时指出：“非此即彼”是愈来愈不够了。

通过对始祖鸟的研究，就有可能追溯鸟类的起源。目前比较一致的看法是：始祖鸟是从类似于鸟龙类的假鳄类进化而来的。当然还有其他不同的看法。

由于始祖鸟适应飞行的各方面构造尚不十分完善，人们推测它不可能像现代鸟类那样自由翱翔，只能在低空滑翔而已。

至于始祖鸟如何从陆生爬行动物那里获得飞翔习性的，有两种假说。一是奔跑起源说，认为在奔跑时它可能振动带有羽毛的前肢以加快速度，前肢在助跑过程中逐渐发展成翼。另一种是树栖起源说，认为鸟类祖先是树栖的，它由树上攀缘逐渐过渡到短距离的滑翔，再发展扇翼功能，从而形成了现代鸟类。不管鸟类的祖先是哪种方式获得飞行能力的，但有一点可以肯定，那就是鸟类的祖先一定是一种主要以后肢行走，身体结构比较轻巧的小型动物。只有这样，才比较容易摆脱重力作用而让身体“飞”起来。

123. 哺乳动物和被子植物的时代

——新生代

新生代是地球历史最新的一个时代，从距今 7000 万年开始直到今天，包括第三纪和第四纪。新生代无论是动物还是植物都发展到了最高级的新阶段。中生代的结束是以爬行动物的衰落和恐龙的绝灭为特征，新生代的来临则以哺乳动物的发展繁荣为标志。从植物方面看，被子植物（图 41）成了植物世界的“主人”。被子植物是显花植物，它的发展使整个世界改变了那种常青单调的景象而变得绚丽多彩。

（1）最高等的脊椎动物——哺乳类

哺乳动物起源于中生代，至新生代达到极盛，这一方面是由于当时的环境条件对爬行类不利，更主要是由于哺乳类的一系列进步性特征，使其在生存斗争中占据有利地位。现存的各国哺乳类，多是新生代初期辐射出来的。同爬行动物相比，哺乳动物的进步性特征表现在如下几个方面：具有高度发达的感官和神经系统；出现口腔咀嚼和消化；具有高而恒定的体温和在陆地上迅速运动的能力；胎生、哺乳等。尤其是胎生和哺乳，在脊椎动物演化史上具有极其重要的意义。这是生物体与环境长期斗争的产物。胎生方式为发

育的胚胎提供了保护、营养以及稳定的恒温发育条件，使外界条件对胚胎发育的不利影响减低到最小程度。以乳汁哺育幼体，是使后代在较优越的营养条件和安全保护下迅速成长的生物学适应。某些低等的哺乳类（如鸭嘴兽）尚遗存卵生繁殖方式，但已用乳汁哺育幼仔。

新生代生物演化发展划时代的事件是距今约三百万年前人类的出现。人类是一切动物中最高级、最社会化的一类。

（2）新生代的植物世界——被子植物为主要的时代

被子植物又叫显花植物。花由花被、雄蕊群和雌蕊群所构成。被子植物有根、茎、叶、花、果实等器官，各个器官的形态与构造极其多样，适应着各种生活环境。新生代植物群的面貌与现代极为相似，我们可以通过统计某地区的孢子和花粉的种类和数量，即“孢子花粉分析”的方法来研究新生代的植物。

总之，虽然新生代经历的时间相对整个地球历史时期来说还较短，但由于愈接近现代，生物的演变速度愈快。从进化水平上看，新生代的动植物无疑都代表着整个生物进化史的最高水平。

人类学

124. 以人类本身为研究对象的科学

——人类学

人类社会迄今已有数百万年甚至比这还要长远的漫长历史，有着极为广阔的领域需要人们去进行研究。人类学，顾名思义，是以人类本身为研究对象的一门科学。其中，研究人类自身起源和发展的称为体质人类学，研究人类所创造的物质文化和精神文化的起源和发展的称为文化人类学，这是人类学的两个最大的分科。

多少年来，世界各地先后发现了大量的人类化石，有的还伴随着相当数量的文物出土，这就要求人类通过特别的途径来回答自身的起源和演变等问题，于是产生了古人类学，它以地层中发掘出来的古人类化石为研究对象，且属于体质人类学的分支。另一方面，体质人类学又对现代人种、种族、民族体质的特征和分类，诸如：肤色、毛发型、体型和血型等等的比较研究，这方面一般称为现代人的体质人类学。也就是说，前者是古代的，后者是现代的，都属于体质人类学。

文化人类学除了研究考古学发掘的人类遗留下来的古代文化之外，还在现代文化比较落后的民族乃至现代文明社会中找寻古代文化的残留，它的具体内容包括语言的起源与发展，生产力、生产关系，经济基础与上层建筑，社会组织、婚姻形态、绘画雕刻、宗教信仰、风俗习惯等等。

作为人类学的两个最大分科，体质人类学与文化人类学有着非常密切的关系。这是因为人类本身就是自然物和社会物相结合的辩证统一。恩格斯深刻地指出：“人，是一切动物中最社会化的动物。”所以在人类学研究过程中必须沿着自然（体质方面）和社会（文化方面）进行综合考察。

人类学是 19 世纪才兴起的学科，20 世纪初传入我国。随着社会的发展和人民的需要，人类学近年来蓬勃发展，且产生了不少分支和边缘学科，如优生学、营养人类学、医药人类学、经济人类学等。尤其是应用人类学的发展，是人类学广泛应用的证明。现在知道：体质的测量对国计民生特别是对航空、汽车、医药卫生、体育、建筑等的设计，很有必要。而对人种的研究，也有助于批判种族歧视论，促进世界各族人民的互相了解和友好相处。又如

优生学的研究，对提高人口素质起着非常重要的意义。再如文化人类学对当今社会主义市场经济下的物质文化与精神文明建设，也是迫切需要的。

总之，顺应社会生产力的发展，满足社会需要而产生出来的人类学，也能反作用于社会生产、生活和人类本身，它必将进一步显示出其强大的生命力。

125. 人类是从哪里来的

——人类起源问题概述

人类对于自己的起源问题从来就是十分关心的。早在氏族社会初期，就有关于“图腾崇拜”的传说。所谓图腾崇拜是指某氏族部落对某种动物的崇拜，并以这种动物作为氏族的名称（图 42），有的还认为自己是这些动物变来的。如鹤氏族、狼氏族、熊氏族等等。

可能把映我国远占有蛇图腾崇拜

在古代，还有所谓“泥土造人”的传说。例如我国古代就有所谓“女娲捏土造人”的故事。神话是现实世界的折光反映。泥土造人首先反映了人类的文化阶段已经进入了学会制陶术以后的野蛮时代，还有，我国的神话里造人的是一个女神，这也反映了最初的氏族是母系氏族，妇女在氏族里占主导地位。

到了阶级社会，“泥土造人说”渗进了阶级的意识，出现了“上帝造人说”。说上帝花了五天时间创造了天地万物，第六天上帝首先创造了一个男人叫亚当，又从亚当身上取下一根肋骨，创造出一个女人叫夏娃。现代的人都是亚当和夏娃的后代。长期以来，“上帝造人说”成为统治阶级的理论工具，他们宣扬人的命运是上帝安排好的，从而为自己的统治寻找借口。具有讽刺意义的是男性的肋骨并不少于女性。事实上，不是上帝创造人，而是人创造上帝。唯心主义的“特创论”是完全错误的。

1859年，达尔文发表了著名的《物种起源》，这本著作对正确认识人类起源问题提供了重要基础。目光敏锐的赫胥黎在达尔文进化论的启示下，详细研究了前人发现的头骨化石，找到了从猿到人的过渡类型，并且通过比较解剖学和胚胎学的研究，证明了人与猿的亲缘关系，并在1863年发表的《人类在自然界的位置》一书中首次提出了“人猿同祖论”。达尔文肯定了人与猿的亲缘关系。他认为支配人猿分化的不是超自然的东西，但他仅仅用自然选择和性选择解释人类起源过程中的一切变化。换句话说，他始终是用纯粹生物学的观点来看待人类起源问题的，而人类是和其他动物有着本质区别的。

马克思、恩格斯从社会学和自然科学的双重高度，考察了劳动在从猿转变到人的过程中的作用，提出了劳动创造人的著名理论。

如果说达尔文把人类从上帝手里解放了出来，归还于动物界的话，那么恩格斯又把人类从动物界中区别出来，指明了人作为劳动者，作为自然的改造者、征服者的特殊本质，从而使人类对自己的起源问题有了正确的认识。

126. 牛津大论战

——进化论和特创论之间的一场大辩论

1859年，英国学者达尔文发表了《物种起源》一书，创立了生物进化论，给唯心主义的特创论以毁灭性打击，并为辩证唯物主义思想提供了科学基础。《物种起源》的出版，立刻引起了巨大反响。进步学者赫胥黎等人以各种方式进行宣传，扩大进比论的阵地。在这本书的启示下，赫胥黎提出了人、

猿同祖论，当即遭到宗教界和各种保守势力的疯狂攻击。在这种情况下，一场激烈斗争是不可避免的了。1860年6月30日爆发的进化论与特创论的大辩论，使这场斗争达到了高潮。

6月30号，牛津大学图书馆会议室里挤满了一千多人，达尔文没有参加这次会议。

论战是由大主教威尔伯福斯挑起的。他依仗当时的宗教权威，纠合科学界的落后势力，猛烈攻击达尔文。他胡说什么：“按照达尔文的观点，一切生物都起源于某种原始菌类，那么人类就跟蘑菇有血缘关系了。”可见他根本不懂生物学。接着，他又气势汹汹地质问赫胥黎：“跟猴子发生关系的，究竟是你的祖父一方，还是你的祖母那一方？”他这句刻毒而俏皮的话音刚落，那些主教的太太、小姐们以及其他保守势力便疯狂地呐喊助威，主教也得意洋洋地认为这场乌云翻滚的声势足以置赫胥黎于死地。

然而，真理是骂不倒的，在宗教信徒的一片喧嚷声中，被达尔文称为“总代表”的赫胥黎挺身而出，他首先用大量科学事实批驳了主教的胡说八道，然后义正词严地指出：“我说，我重复说一遍：一个人没有理由因为有猴子做他的祖先而感到羞耻。”此刻，整个会议室变得庄严肃穆，千百双眼睛都注视着赫胥黎。这位进化论的勇敢捍卫者接着用响亮而清晰的话说：“如果有人在我的回忆中会叫我感到羞耻，那将是这样的一种人：他不满足于自己的活动范围，却要用尽心机来过问他自己并不真实了解的问题，想要用花言巧语和宗教情绪来把真理掩蔽起来。”立刻，整个会议室里充满了雷动的欢呼声，人们热烈拥护科学的捍卫者。接着，又有别的进步学者站起来用科学事实批驳主教。这些都出乎主教预料的情况，弄得他手足无措，在充足的科学论证面前，主教理屈词穷，大辩论以进化论捍卫者的最终胜利而告终。

牛津大论战的胜利，大长了人、猿同祖论者的志气，大灭了特创论者的威风。它激励着许多科学工作者进一步总结当时有关人类起源的科学成就。1863年，赫胥黎出版了《人类在自然界的位置》一书；1871年，达尔文出版了《人类起源和性选择》一书。这些书，都从各个不同侧面，提供了大量的事实材料，论证了人、猿同祖论的正确性，为辩证唯物主义的人类起源理论奠定了基础。

127. 当之无愧的万物之灵 ——谈人类在自然界的位置

人是万物之灵，这个论断简练而准确地表明了人类在自然界的位置。一方面，人类是一种动物，决不是超脱自然界的東西；另一方面，人类毕竟不同于一般的动物，是一种社会化了的高级动物，人类能制造和使用工具，以进行生产活动。

人类是一种动物，在动物界里可以找到自己恰当的位置：哺乳纲灵长目人科人属智人种。说人类是一种动物，主要理由是，从人体的构造、各器官的生理功能以及人的个体发育来讲，人类跟动物基本上都服从同样的规律。

个别人身上会出现动物始祖的形态特征，这叫返祖现象，如有尾、多毛等。这是人来自动物的自然发展史的痕迹。另外，人类胚胎与高等猿类胚胎相似的时间最长。人类胚胎的发育过程简略地反映了整个动物界的发展过程。在胚胎发育的第三周到第四周里，人的胚胎非常像鱼，胎儿在第五个月末，已经有了明显的人的形状。在这个发育阶段上，人类胎儿很像高等猿类。

这些事实都表明人类是通过长期的自然发展从动物界产生的。科学还证明人类最近的亲属是类人猿。

人类是一种动物，然而人类跟其他一般动物又有重大区别。就形态构造来说，最重要的区别在于直立的姿态和用两脚行走，手足分工。由于两脚行走，手足分工了，手从行走的功能中解放出来，成为劳动的器官。人的脑也比其他任何动物都发达。

就生活方式和活动能力来讲，人类跟其他一般动物更有原则性区别。人类和其他动物的根本区别在于人类能够制造和使用工具来进行生产劳动，有意识地改造自然，使自然更适合人类的需要。即人类具有“自觉的能动性”。人类生活在一定的社会中，社会是随着人类的形成而同时形成的。人类一开始就是在一定的社会关系中从事生产活动的。因此，人类是一切动物中最社会化的动物，最高级、最复杂的动物。人类有语言、有思想，在这个基础上，在生产劳动中发展了文化、艺术和科学。

需要强调指出的是，我们说“劳动是整个人类生活的第一个基本条件”，“劳动创造了人本身”，但我们所说的劳动决非等同于一般动物的活动，就连人类的近亲——现代类人猿的所谓“劳动”跟人类的劳动都有本质区别：它们不会制造工具；它们使用天然“工具”不像人那样有意识，因为它们还没有思想；它们使用天然“工具”不是经常的、规律性的。因此，只有人类才具有真正的劳动，是劳动，逐渐创造了人和人类社会。

总之，人类虽然起源于动物，但由于人类深深地打上了社会的烙印，便远远地超出一般动物。人是万物之灵，地球的历史，从出现人类的时候开始，就进入了崭新的一章。

128. 古猿是怎样变成人的 ——谈人类起源的过程

古猿变人是一个上千万年的漫长过程。古猿怎样演变成人的整个过程，目前还很少直接的证据，但我们可以根据一般的进化原理和间接证据作一些科学推论。

人类和现代类人猿的共同祖先——古猿是居住在树上的森林动物，是什么因素使古猿下地的呢？比较合理的解释是，由于气候的变化，使森林地区减少和森林稀疏，树丛间的空隙随之增多和扩大，这就为猿下到地面来活动准备了条件。在森林逐渐减少，食物来源逐渐困难时，地面上的各种类型的食物，也可能吸引着猿，使猿更经常地到地面上来，逐渐习惯于在地面上生活。

地面上会有更多的敌人和新的食物。在新的需要下，古猿的前肢便不像以前那样作为行走器官，而应该作为寻食和防御的器官，这是一种萌芽状态的“劳动”器官。在长期使用天然工具的过程中，前肢向手的方向发展，后肢逐渐作为专门的行走器官，正如恩格斯所说：“渐渐直立行走。这就完成了从猿转变到人的具有决定意义的一步。”

直立行走扩大了人的眼界，手从支持作用中解放了出来，触摸到比原先多得多的事物，工具的使用更加延长或扩大了人的感官，促进了人脑的发展。由于经常使用天然工具，导致这种过渡时期的生物积累了丰富的感性认识，发展到一定程度就产生了理性认识，从而出现了初级意识，萌发了自觉的能动性。

为了有效地寻觅、保存和使用天然工具，加强群体间的合作来进行防卫

和获取食物，彼此间的交往愈来愈必要。同时，直立姿势的确立，使发音器官逐渐得到改造，因此，语言是从劳动中并和劳动一起产生发展出来的。

经过一个相当漫长的阶段，使用天然工具变得愈来愈熟练了，而天然工具在数量上、性能上，相对地已不能满足需要了，于是就产生了新的要求，即制造工具，以进一步适应生存的条件。从制造工具开始，便出现了真正的劳动。

制造工具开始，社会随着形成，这样就完成了从猿到人的过渡，真正的人类就此诞生了。

129. 现代类人猿能变成人吗

——谈进化过程中的特化问题

现代类人猿是人类的近亲，和人类有着共同的祖先——古猿。两者正好像在同一棵树上的不同分枝。那么，现代类人猿，例如长臂猿、猩猩、黑猩猩、大猩猩能不能变成人呢？可以肯定地回答说：不能。

猿变人有其特定的内因和外因。首先，现代的猿与变人的古猿有着明显的不同，它们完全适应了热带丛林的生活而具有独特的结构。现生的四种猿类和人，从行动方式看，长臂猿是完善的臂行者（图 44），人是完善的地面直立行走者。猩猩和人作不同方向的发展，猩猩为了在树丛间行动而有特别发达的臂，人则为在地面直立行走而有特别发达的腿。大猩猩和黑猩猩采取了两种行动方式并用（图 45）。现生的 4 种猿类为了适应特殊的生活条件，在漫长的进化过程中向着与人不同的途径发展，这便是进化过程中的特化问题。四种猿中大猩猩的体形与人最为接近，但也和其他的猿一样，由于臂行了很长时间而不能像人那样直立行走。总的来说，在行动器官方面现生猿类在于其臂的特殊发展，而人则在于其腿的特殊发展。因此，现生的四种猿已进化成臂行的奴隶，都不可能再变成人。也就是说，它们已经向一定的方向特化发展得太远了，所以无论如何也不会演变成现代的人。

另一方面，现代猿的生存环境和过去古猿变人时的环境也有着较大的差别，况且古猿变人是一个上千万年的漫长过程。即使恢复原有的环境，现代猿也不可能再转变成人。生物进化上有一条规律叫做“不可逆定律”，就是说整个机体结构在进化过程中是不可逆的，不能回复原状的，即使后代回复了祖先的生存环境，再也不会失而复得。

应当指出，许多实验都表明，把前臂当作“手”的类人猿是能够利用现成“工具”进行一些活动，来满足自己的需要的。这些活动在动物界是最复杂、最高级的“劳动”了。能够进行这些活动的类人猿是具有相当程度的智力和发达的大脑的。但是，现代类人猿所谓的“劳动”跟人的劳动有本质上的区别：它们不会制造工具；它们使用天然的物体当“工具”不像人那样是有意识的，而且也不是经常的、有规律的。

130. 实实在在的人类进步之“火”

——谈原始人对火的利用

人类的远祖最初不会用火，他们忍受着寒冷的侵袭，吃着生冷的食物。我国古代有燧人氏钻木取火的传说，世界上许多部落或民族都有着关于火起源的神话或传说。

火也是一种劳动工具，是原始人类征服自然界的有力武器。火的使用对人类的发展有着重大的意义。

自从我国科学工作者在周口店北京猿人洞穴里发现了厚厚的灰烬层（最

厚处达六米)以后,人们普遍认为:晚期猿人(直立人)就已经会用火了。

但是,猿人是怎样学会用火的呢?最初的原始人肯定和现在的一些野兽一样,见到火是恐惧的。自然界发生的天然火灾使原始人吃了不少苦,有的还葬身火海。然而,经过漫长的历史和经历,包括痛苦和失败,原始人终于认识到,火不仅对人有害。而且可以化害为利,用来为自己服务。在看到火的时候,原始人也可能会闻到烧烤动物的香味,且肉的味道更美好和容易咀嚼。也许正是这一发现,引起了原始人对火的兴趣。怎样让火长久不灭,猿人终于学会了把天然火引到洞穴里去,用干草和树枝把火“养活”在家里。这是用火上的一次巨大成功(图46)。人类初步改变了“茹毛饮血”的原始状态。火的利用扩大了人类食物的范围,提高了食物的质量,促进了人类体质和智力的发展。人们还知道火可以使自己更好地防御野兽的侵袭。在漫长的冬夜里,火还给原始人带来温暖和光明。在洞穴里生起火堆,还可以驱赶潮气,改

早期智人在预备生火

善居住条件。

在经过几十万年用火经验的基础上,到了化石智人阶段,人们学会了人工取火。这是从当时许多遗址中普遍出现了用火的遗迹且灰烬堆并不大而推测出来的。这表明当时的人们不必像以前那样小心翼翼地保存火种,长年累月用树枝去“喂”火了。

最早的取火方法可能是在制作石器时迸出火星而受到启发。原始的摩擦生火的方法通常分为三种:火钻法、火锯法和火犁法。其中火钻法在许多土著民族中应用最广。

摩擦生火的方法,可能是在旧石器时代末期随着钻孔技术而发现的,在新石器时代随着磨制工具逐渐普遍,钻孔取火便有了更广泛的传播。人工取火是人类用火历史上的一次大飞跃。

总之,原始人一旦学会了用火,就增强了自己抵抗敌人的力量,更能够控制自然,使自己生活更加有保障和丰富起来。同时,也使自己的身体得到更好的养料。由于用火,猿人就获得了许多新的知识,就更富有智慧,逐渐脱离了动物的生活状态,表明出人的性质了。

恩格斯指出,火的使用在人类的发展过程中具有“新的有决定意义的进步”。原始人所利用的火,是实实在在的人类进步之“火”。

131. 氏族社会发展的两个阶段

——母系氏族社会和父系氏族社会

母系氏族社会(母权制)和父系氏族社会(父权制)是氏族社会里既有区别又互相衔接的两个发展阶段。如果说母权制是人类社会的第一个有组织的社会集团的话,那么父权制便是人类跨向文明——阶级社会的第一个阶梯。

人类脱离原始群的主要特征,便是按血缘关系为纽带组成一定的集团。最初的氏族组织是以母系为中心,称为母系氏族公社。古代传说中的三皇——伏羲、女娲、神农时代,都是关于母系氏族社会的生活反映。再如西班牙阿尔塔美拉洞里有许多立体女人像,这是当时母系氏族社会高度发展的象征。母系氏族社会里,男女已有明确分工。男人打猎捕鱼,女人采集、管理氏族内务。由于男人打猎捕鱼,收获没有保证,而女人采集植物性食物,收获较为稳定,因而妇女在社会生活中占有显著地位。

母系氏族社会里，人们过着原始的共产制生活，人们“共饥共食”，这是由于产品极端贫乏而采取的原始平均主义分配原则。在当今许多保留氏族制度残余的民族，如大洋洲的土著居民中，这种原始平均主义的分配原则还可以找到印证。

母系氏族公社是母权制时代的社会基本结构，一个或几个女始祖所传的后代儿女，便构成一个母系氏族。一切血缘亲族关系要以母系计算，当时的人往往只知其母，不知其父。妇女是氏族的中心，她们不久居于统治地位，而且受到社会的高度尊敬。

随着生产力的发展，大规模的森林开伐、拓荒种植促使原始农业形成和发展，农业和畜牧业一起成了氏族公社生产的主要内容。这时，男人的劳动在生产中占了主要地位，再加上部落组织的扩大，男人逐渐担任了部落的首领。这些都是导致母权制崩溃的主要原因。由母权制向父权制过渡是一个漫长而复杂的过程，这是人类历史上的第一个革命。这个革命不是通过暴力来实现的，而是基于生产力的发展，农业生产已成为主要的经济部门和男子在生产上居于主要地位而实现的。恩格斯讲，母权制的被推翻，乃是女性的具有世界历史意义的失败。

父系氏族公社是父权制时代的社会基本组织。在这些父系氏族公社之下在不同的氏族和部落中往往又分裂为若干兄弟氏族和若干父系大家庭及个体家庭。由于父权的统治，世系必须按父系计算。

私有制是原始社会生产力发展到一定程度所引出的必然结果。到了父系氏族社会，确立了父权制、私有制，零星现象的奴隶制也出现了，虽然在初期还仅仅是零星的、局部的现象，但这毕竟是一种新的生产关系的萌芽。在私有制之后，氏族公社内部才发生了真正的贫富分化。这种分化的表现，就是父权制下丈夫对妻子的奴役和富有家庭对贫穷家庭成员的奴役。从而形成贫富的差别、阶级的出现和原始社会的解体。

132. 毛孩

——返祖现象趣谈

1977年在辽宁省东南部的一个山村里，一位年轻妇女生下了一个遍体是毛的男性婴儿。此后，在江苏、河北等地陆续有关于毛人的报道。其实，我国早在几十年前就有过这方面的报道。如1939年和1940年报道，河北省固安县有一叫李宝树的男人，当时30多岁，遍体是长毛，面部的毛长半尺多，两耳中也长毛丛生，有一尺多长。现今的一些部落，如日本北海道岛上的虾夷人，身上便长着非常浓密的毛。

在科学上，现代个别人身上还会出现动物始祖的某些原始形态特征，被称为返祖现象。返祖现象不仅限于全身长毛，还有长尾巴以及多乳头的人等。1959年5月，沈阳市一家医院接收了一个6个月的女婴，生有一条长12厘米的尾巴，尾巴尖端向上卷起，表面为正常皮肤所覆盖，根部有少许黄褐色的毛。用X射线透视，里面没有骨骼，经医师用手术把尾巴切除。有关科研机构的调查研究表明，身体多毛、长有尾巴等返祖现象对身体健康和智力发育并无不良影响。可见，返祖现象只不过是人类进化过程中的特例而已。

返祖现象对于我们正确认识人类在自然界的位置，以及确定人类与动物的亲缘关系有着特殊的意义。为什么会出现返祖现象呢？我们先从人的胚胎发育过程谈起。

人的胚胎在发育初期与低等动物很相似。例如在胚胎发育的第三周到第

四周，人的胚胎非常像鱼，手和脚非常像鱼的鳍，而在颈部的两侧有许多鳃沟，很像鱼的鳃裂。人的早期胚胎都有尾巴，在第五周到第六周时尾巴最长。以后尾巴末端的一些尾椎骨被吸收掉，残留的几个尾椎彼此接合在一起，形成了人体内的尾骨。胎儿在第五个月末，虽然有了明显的人的形状，但那时胎儿的全身除了手掌和脚底之外，还密密地长满了柔软的细毛，叫做胎毛。在这个发育阶段上，人的胎儿很像类人猿。胎儿的胎毛在分娩前不久才脱落掉。

人的胚胎发育过程充分表明了人类和动物有着共同的起源，人类是通过长期的发展从动物界产生的，并非神或上帝创造的。因此，可以说人类是一种动物，在动物界里是可以找到自己的恰当位置的：人属于脊椎动物中的哺乳类，与类人猿有很相似的身体结构和生理功能。同时，人类又不是一般的动物，人类具有“自觉的能动性”，能够进行生产劳动。

胚胎学的研究还表明，生下来有尾或多毛的人，是由于胚胎发育不正常而产生的。这些胚胎状态的特点，通常是会消失的，但由于某些遗传基因的保留，在个别人的身上却可以保持终身。因此，毛孩或长尾巴的人也决不是什么不可理解的怪物，返祖现象恰恰是人类来自低等动物的巧妙证明。

133 . 狼孩

——究竟是人还是狼

狼孩，真的是狼生下的孩子吗？不是的，这里提到的是印度著名的狼孩的故事。

三只大狼把吃奶的婴儿衔去，当作自己的幼崽儿给他们哺乳，其实这只不过是一般哺乳动物的本能。1920 年的一个偶然机会，人们打死了大狼，救出了两个狼孩，她们重新回到了人类社会。推测当时她们中大的 8 岁左右，小的仅 18—19 个月的样子，人们给两个狼孩起了名字，大的叫卡玛拉，小的叫阿玛拉。讲到这儿读者自然明白，狼孩是人而不是狼，但狼孩却是一种特殊状态的人。

人们把这两个狼孩送进米德纳普尔孤儿院，对她们在那里的生活做了观察和研究。狼孩的抚养者辛格夫妇竭尽全力，辛勤抚养，但还是个能使卡玛拉很快适应人类的生活方。（阿玛拉一年便死去）。她们刚进孤儿院时用四肢爬行，夜间常像狼那样长嚎，且没有感情。卡拉 1922 年才会直立，1926 年才会独立走路，但是快跑时还得使用四肢。她到死时才学会 45 个词，勉强地学会几句话。估计她死的时候已经 17 岁，但是只有 4 岁小孩所具有的智力。

另外人们还发现过豹孩的例子。应该指出，狼孩、豹孩是人类的后代，他们出生以后已经有了人的体质形态方面的物质基础，但为什么刚被发现时却是有嘴不会说话，有脑不会思维呢？这首先证明了人类的意识、智慧、语言并不是生来就有的，而是人类社会实践的产物。如果哪个人从婴儿时期就脱离了人类的集体生活和社会环境，就形成不了人所固有的特点，特别是意识活动。狼孩由于缺乏人类的劳动这种社会实践活动，不能直立行走，只能用四肢爬行，这使得他们的发音器官喉头和声带受到限制音节分明的语言（更何况他们也没有产生语言的需要），同时由于爬行的时候面部朝下，只看到地下，不可能使头脑获得更多的印象，这一切阻碍了他们脑的发展。这也证明了社会实践、直立行走和意识活动的起源和发展有不可分割的联系。

狼孩的事例还证明了幼年儿童期在身心发育上的重要性。儿童时期无论在生理上还是心理上都是一个迅速发展的时期。正是在幼年儿童时期，他们

在成年人的诱发引导下，逐步学会直立行走，说话和思维。狼孩在动物中长大，把人的大脑过早地消耗到最复杂的适应性上，错过了这一段的社会实践机会，就阻碍了以后智力的发展，即使花了几倍的努力来给他们补课，也很难达到人类智力应有的水平。这启发我们必须高度重视婴幼儿教育。

134. 神农架真的有“野人”吗

——谈对“野人问题”的科学态度

近几十年来，在湖北省西北部的原始森林神农架一带，不断传出有“野人”活动的消息。人们描述的“野人”是一种躯体高大、遍体长毛、直立行走、不长尾巴的人形动物。关于“野人”的传闻被炒得一热再热，许多“目击者”都讲述了具体时间、地点以及与“野人”相遇或搏斗的具体情形，也有人讲采集了不少“野人”的毛发、脚印和粪便。不仅鄂西北的神农架有关于“野人”的传闻，西藏地区以及云南西双版纳一带都有关于“野人”的消息。

神农架真的有“野人”吗？“野人”真的存在吗？我们还是用事实来回答这个问题。

解放以来，我国曾经组织过三次颇具规模的“野人”考察活动。第一次是50年代，主要考察目标是西藏雪人，但最后结论却只被认为西藏雪人可能是一种喜马拉雅熊；第二次是60年代，主要考察目标是云南西双版纳的野人，经过一番艰苦的努力，结果也只好打死一只长臂猿而告终；第三次是1976年的冬天，这是我国有史以来规模最大的一次，但最终也只不过是收集了一些毛发标本，并未发现“野人”的踪影。至于发现的窝巢和粪便以及脚印，到现在为止还没有直接的、足够的证据来证明是“野人”留下的。

从几次考察的结果来看，收集的资料或传闻是十分丰富的，但对于实物等一些确凿的证据可以说根本没有。在把“野人”作为一个谜，并企图千方百计解开它时，我们连一具“野人”的尸体、一张照片、一根骨头或者是使用过的工具都不曾发现。这不得不使我们产生疑问，自然界真的有“野人”吗？

科学是严肃的，对所收集的考察资料，应以科学的态度去剖析。现在看来，有相当的资料近乎无稽之谈。1974年5月1日，神农架房县的群众殷洪发在同所谓的“野人”搏斗时抓了一撮头发，后经中科院动物所鉴定为鬃羚背上的长发；1977年4月，考察队在神农架林区考察时收集到四起“野人”红毛，后经研究完全是人工染成红色的，经过仔细查问，原来是从一顶帽子上取下来的装饰品；所谓“野人窝”里拣到的“野人”白毛，经鉴定是单子叶植物的表皮；在湖北西部捕到的一个“野人”展览后原来是一只金丝猴；不少被传闻打死过“野人”的当地群众，当采访他们的时候，他们又都一口否认。

倘若说是真有“野人”存在的话，为何连一根骨头或一块化石也找不到？为何在传闻“野人”经常出没的地方未发现过任何工具？我们知道，如果要维持种族的继续生存，必须拥有一个最低基数的种群，但现在却尚未发现这样的种群。我们不能仅仅根据当地某些群众的描述而在脑子中塑造出“野人”的形象。到今天为止，我们基本上可以说：“野人”是不存在的。

135. “请别忘记我永远不变黄色的脸”

——谈现代人种的产生和分化

一曲《东方之珠》唱出了多少华夏儿女的心声，震撼了多少炎黄子孙的

心灵。是的，“请别忘记我永远不变黄色的脸”，因为我们都是炎黄子孙，我们都是黄种人。

人种，又称种族，是指体质形态上具有某些共同遗传特征（如肤色、发色、发形、眼色等）的人群。大多数人类学家把全世界的人分为3个或4个主要的人种：黄种人、白种人、黑种人，如果分为4个主要人种，则从黑种人中又分出棕色人种。黄种人主要分布在亚洲和美洲，因而又叫亚美人种；白种人主要分布在欧洲和部分亚洲地区，因而又叫欧亚人种；黑种人主要分布在非洲的赤道附近地区，因而又叫赤道人种。棕种人主要分布在大洋洲。人种和民族有着不同的涵义。民族不是用体质特征来区分的，而是由具有共同语言、地域、经济生活等特征在历史上组成的人们共同体。一个种族可以包含一个或几个民族，反之亦然。

大量的科学事实证明，现代的各人种都属于同一物种（智人种），并且都由同一种古猿进化来的。现代的各人种都属于人类学上的同一个发展阶段——新人阶段。因此智力的发展也是一样的。但多祖论却宣扬各人种起源于不同的古猿，如黄种人起源于猩猩，白种人起源于黑猩猩，黑种人起源于大猩猩。且认为各人种互不相关，属于不同物种，是彼此独立发展的，从而为反动的种族主义理论服务。事实上，各人种间性状的差别并不表示遗传性的本质区别。各人种之间可以相互通婚，能产生健康的具有正常生育能力的后代，这是再明显不过的事实了。同时，不同种族类型接触的地区总是混杂的地带，有许多中间类型产生。

那么，现代人种究竟是怎样形成的呢？人种形成是一个很复杂的过程，往往受到多种因素的制约，其中起决定性作用的是生产，以及与此密切相关的选择、隔离、迁徙、人种混杂等。人种的肤色、发形等与选择的作用关系极大。长期生活在非洲赤道附近的黑人，其卷曲的头发是抵抗强烈阳光的一种优良的不导热的绝热体。皮肤的黑色是黑色素多的原因，黑色素有吸收太阳光中的紫外线的的能力，从而有保护皮肤内面的重要结构的作用。黑人宽阔的口裂，很厚的粘膜嘴唇以及短而粗的鼻腔都是自然选择的产物，有助于对吸入空气的冷却，有利于在炎热气候条件下生活。人种的分化与隔离作用有很大的关系。如高山、深谷、河流、沙漠等天然的障碍，使不同区域的人长时期在不同自然条件下生活，发生了种族上的分化。人种的形成与迁徙也是分不开的。迁徙有利于扩大和改善人类的生存条件，有利于不同人种的交往和混杂。随着人类物质文化的进步和交通的发达，各人种间的混杂将更加频繁。

以上多种因素又往往是相互联系，相互影响的。人种在形成过程中受着一定地域的自然环境的影响，但是许多人种在历史上曾经多次往复迁徙，又经过人种的混杂过程。混杂产生的种族类型，以后又可能长期处于隔离状态，受到新环境的影响而产生新的类型。

在研究人种特征的形成时，必须考虑到人的特殊性，人能进行生产劳动，形成了社会和创造文化的能力，这些因素对人类体质特征的形成起着主导作用。我们在说明某一种族特征形成原因时，必须追溯这一种族的发展历史，进行全面的具体分析，才能得出结论。

136 . 高山密林中的原始民族 ——基诺族

基诺族，历史上被称为攸乐，1979年国务院正式确认为我国一个单一的

少数民族。他们共有 10000 多人，大部分聚居在云南西双版纳景洪县的攸乐山区。那里山高林密，地广人稀，土地比较肥沃，但交通十分闭塞。到解放时，基诺族仍处在原始社会的最后解体阶段。下面我们对解放前夕基诺族的社会、经济、文化等各方面作一下简略的分析。

解放前，基诺族的所有土地实际上归村寨（村社）和氏族所有，当然也出现了极少量的私有土地，但村社所有和氏族所有占主导地位。土地由一夫一妻制的个体家庭单独使用。农业发展水平大部分还停留在刀耕火种为主的原始农业阶段。根据土质好坏情况，每块土地开垦后，最多耕种 3 年即丢弃，12 年后再次开垦耕种。狩猎和采集仍是基诺族社会生产活动不可缺少的部分。

随着个体生产在基诺族社会占居主导地位，在不同村寨和每个村寨内部的各氏族、各家间，已出现占有耕地面积的不平衡现象。此外，在基诺族社会已经产生早期雇工和借贷现象，再加上占有生产资料的不平衡，就产生了剥削关系的萌芽。

基诺族的一个村寨，由几个不同姓氏的氏族组成，他们以氏族为单位居住在一座大房子里，包括氏族长及其已成家的兄弟和子孙十几户，乃至几十户个体家庭。由各氏族长及有关人员组成村社议事会，共同协商和负责管理全村社的所有事务。各氏族长不享受任何特权，和所有村社成员一律平等。个体家庭之间虽已产生了贫富差别，但很不明显。总的来说，在新中国成立前夕，基诺族的社会还处在由原始社会向阶级社会过渡的农村公社阶段，本民族内部还没有形成对立的阶级和人剥削人的现象。

为什么十几户或几十户个体家庭要生活在一起呢？这主要是因为生产力的低下，决定了生产关系方面还存在不同形式的互助和协作。这种原始共产制家庭的解体是逐步完成的，并且是通过逐步缩小原始共产制家庭的范围而实现的。

在基诺族社会的经济和政治生活中，父权已起着主要的作用，但在传说、婚姻形态、财产继承和一些现实生活中仍保留着许多母权制的残余。

特别值得一提的是，在解放前，没有文字的基诺族人民使用刻木记事的方式，记载了氏族、村社内部的原始祭祀和其他公共事物。基诺族使用的“木刻”都是用厚实、坚硬的竹片做原料制成的。

基诺族人民是勤劳智慧的人民，他们虽然世代居住在交通闭塞的深山里，社会生产发展缓慢，但他们却始终用自己的双手和智慧，用原始的方式进行生产和管理社会，创造着本民族的历史和文化。解放以来，基诺族的生产、生活和文化，都有了很大的发展和提高。我们相信，基诺族人民将会有一个美好的明天。

137. 回头看看茹毛饮血的时代

——从现有的原始遗存看古代原始社会

古代原始社会的生活景象已经成为历史，然而，人类社会的发展是非常不平衡的。在今天，不少地区和民族依然保留着不同程度的原始生活遗存。如使用某些简陋的早期生产工具，保存少量落后而特殊的生活方式和社会组织等。各种不同的原始遗存，为我们回过头去看看那茹毛饮血的原始社会提供了活的“化石”。

人类的童年是苦难的，原始人类在漫长的黑夜中不停地摸索着。在我国地处边远、偏僻，经济上与外界缺乏联系，处于自然经济状态的一些民族和

区域，还能够看到这样的生活景象：他们身以树叶、兽皮为衣，茹毛饮血，佐以草根、树皮为食；他们或居山岩，或处地穴，或以茅竹、树干为屋；或腾越于悬崖峭壁，或出没于深山老林。这种景象生动地展示了原始人类衣、食、住、行的真实状况。

我国东北的鄂伦春族，曾是一个以狩猎为主的民族。他们的狩猎工具有简单的木棒、木扎枪、弓箭等，木棒和木扎枪是近距离捕杀武器，弓箭则是远射程的复合工具，它的发明大大提高了狩猎者的能力。狩猎为主的经济生活，使鄂伦春人在兽皮加工技术上积累了丰富的经验。在他们的生活中，无论是春夏秋冬，不管白天黑夜，从头到脚，从身上的穿着到铺盖的用具都离不开兽皮和鱼皮。此外，采集也是鄂伦春人的一项重要生产活动，他们能在干寒的早春中采到 30 多种可食的野菜。

人类最初取食的方法自然是生食，即便在用火以后，人类还保留着生食的刀惯，如鄂伦春人就喜欢生吃鹿类的肾脏。

生产力的低下，劳动产品的不足迫使原始状态的人类不得不过着原始共产制生活。他们进行原始的集体劳动，按平均分配的原则分配产品。直到今天，还有不少民族仍处在保留有氏族制残余的农村公社时期，如台湾高山族的雅美人。

生产力的低下使处于原始生活状态的各个民族无法理解像日月星辰的运转、风雷水火的变动等现象，于是便产生了对自然的屈服、依赖和崇拜。自然崇拜和原始宗教正是他们社会经济状况的副产品，在我国彝族地区，每年 6 月 24 日都举行传统的“火把节”，这是对火崇拜的一种遗俗，当地人们把火视为驱邪、祛灾的神物。对动物的崇拜，在自然崇拜中占很大比重。我国南方各地，最普遍的莫过于对蛇的崇拜。我国台湾高山族就认为蛇是自己祖先的化身。原始状态的人类相信有一种超自然的非人间力量存在，这便是原始宗教形成的思想基础。祭祀是一项重要的宗教仪式活动，在各地原始的祭祀活动中还保留着原始共食制的残余。如常由一名老年妇女主持分食谷物，由一名老年男子主持分肉，这种分配是不遗漏的平均分配。

总之，今天残留于各地的原始遗存，是一批珍贵的远古社会的文明火花，对研究人类历史有着特殊的贡献。

138 . 从战斗机事故率高谈起

——工程人体测量学的应用

航空统计资料表明：50 年代，我国战斗机事故率是比较高的。据分析，其中的一个重要原因是当时我国盲目搬抄苏联的东西，由于地区间人群体质差异显著，这使得我国战斗机不能适应本国飞行员的体质，从而造成效率下降，事故率上升。另外，国外空军也曾对飞机事故的原因作了统计分析，发现其中很大一部分是由于设计时忽略了“人体的因素”。

上述事例表明，在进行器件、工具、机器、技术或系统设计时，决不能忽略人体的因素，也就是说必须将操作人员和所操作的机器看作是一个完整的人—机系统，我们设计的目的在于使这个系统更加合理，使操作者更加安全、方便和有效地操作机器。为了达到这个目的，必须研究人的躯体尺寸、重心、动作速度、反应速度、体力和耐久力、视觉、听觉和触觉等特点。事实上大量人类学中有关体质调查的资料已被应用在工业领域中。然而，工业领域中所需要的人体特征参数包含的范围要比经典人类学的更多，方法更复杂，因而形成了一门独特的技术学科——工程人体测量学。

工程人体测量学在轻工业、机器制造业、汽车工业、航空工业、建筑工业等许多工业领域都有着不可忽视的作用。下面我们仅从公共汽车的设计一例来说明工程人体测量学的具体应用。

在设计公共汽车时，应为乘客考虑如下问题：上车时，车门下的踏板离地不能太高，特别要考虑腿脚不灵便的老年人、体弱者的方便。这一问题涉及大、小腿长，上车时大、小腿形成的角度，这一角度范围的下蹬力。乘客坐在座位上要觉得舒适，包括椅高、靠背高度、后倾角等，这一问题涉及人体的坐高、小腿高、肩宽、髂棘间宽，松弛状态下坐势的脊柱曲度变化……

对于站着的乘客来说，扶手和柱杆的高度和直径要有适当的尺度，要能使人体有关的肌群轻松而有效地发挥力量，这涉及人的身高、肩高、上臂长、前臂长、手部各节段的测量等。车窗的高度和宽敞程度应足以使乘客视野开阔，有利于他们保持愉快的心境。

对于驾驶员来说，应使他们的椅座在舒适的同时并能使自己保持足够的视野，肢体活动的自由和肌力的发挥。

操作器的空间排置必须适当，便利操作而不易发生操作错误。此外，车内座位间距，走道宽度，车厢高度等的设计都需要足够的人体测量资料来确保人们的满意程度。

汽车的人——机关系设计并不复杂，但从上例我们已能看出工程人体测量学的重要性了。

我国的人类学工作者与工程设计者相结合，开展了大量工业人体测学研究。如 50 年代结合防毒面具密合性和舒适性问题进行国人头面部调查；60 年代曾为制订中国人服装标准系列及脚型进行了大规模调查；70 年代以来，曾进行了人体各关节的 X 线测量和骨骼的测量研究、飞行员体质调查研究等。同时，建筑和轻工业等部门也都为建立有关的人体规范，进行过大量调查。

目前，我国的工程人体测量学工作正伴随着工业的高速、高效发展而前进着。

139 . “半边天”的研究天地

——妇女人类学初探

在中国，“半边天”成为全社会对妇女作用最形象的赞誉。随着社会发展的需要以及妇女解放运动的开展，在人类学这个园地里，妇女问题日益受到全中国乃至全世界的关心和重视。第 4 次世界妇女大会于 1995 年 9 月在中国北京召开，中华人民共和国国务院新闻办公室曾于 1994 年 6 月发表了《中国妇女的状况》一书。在妇女问题受到普遍关注的今天，完善和发展妇女人类学，不仅是有条件的，而且也是很必要的。它对于增强妇女体质，提高妇女智力，培养妇女人才有着不可低估的意义。

妇女人类学是以占人口半数的妇女为对象，研究她们的生理特点、心理特点、社会特点，以及在人类自身繁衍中所负责任，同时也涉及婚姻、家庭等问题的一门新兴学科。妇女人类学偏重于应用，是为解决现代社会中妇女进一步发展的一系列问题服务的。它为在政治、经济、文化、社会和家庭等各方面实现男女平等提供理论武器。下面我们从 6 个方面探讨一下妇女人类学的研究任务。

研究妇女的体质特征不仅应包括对妇女进行固定项目的人体测量和体质普查，还应包括对妇女的特殊生理现象进行研究，其中月经是女性的重要特

征之一。特殊的生理现象决定了妇女在人类自身繁衍中的重要责任。深入开展这项研究，有助于改善妇女的健康条件。目前，中国妇女的平均预期寿命已由旧中国的 36.7 岁提高到 72 岁，与中国男性相比高出 3 岁。比联合国提出的 2000 年世界妇女的平均预期寿命 65 岁的目标高出 7 岁。

男女在心理发展上是有差异的，这种差异在青春期之前表现为感知、语言及行为差异等；青春期之后表现为认知结构、神经机能等差异。研究妇女心理特征形成的条件和男女心理差异的原因，对于教育妇女、提高妇女素质有着积极的意义。

从“十月怀胎”到“一朝分娩”，是由妇女来承担的，哺育婴儿也是由妇女来完成的。妇女在人类繁衍中的特殊作用，是受社会生产方式所制约，与一定的婚姻家庭形式相联系的。

据最新统计，与建国初期相比，我国孕产妇的平均死亡率已由 1500 / 10 万下降到 94.7 / 10 万，婴儿死亡率由 200‰ 下降到 31.42‰。1992 年我国的人口出生率和自然增长率分别为 18.29‰ 和 11.6‰。重视妇女在人类繁衍中的作用，对控制人口数量、提高人口质量有着重要意义。另外，妇女婚姻现状有许多问题值得研究，如结婚年龄、婚姻观念、离婚现象等。

传统观念一向认为，女性不如男性聪明，但研究表明，起决定作用的是教育和锻炼。必须铲除“重男轻女”的习惯势力，为积极开发妇女智力创造条件。目前我国妇女受教育的权利比过去大大提高了。1992 年，我国 7—11 岁间儿童的入学率由建国前不足 20% 提高到 96.2%。

目前，男女平等的家庭生活已成为当代中国家庭的主流。妇女的社会地位也得到极大改善和提高。但是，由于历史的原因和社会经济文化水平的制约，中国妇女在参与社会生活方面还存在着一些不容忽视的问题。

我们相信：妇女人类学的深入研究肯定会成为“半边天”发展的新的巨大推动力。我们期待着妇女人类学研究的崭新局面。

140 . 愿人类健康平安

——医学人类学初探

人类渴望健康平安，人类追求健康平安，而医学人类学正是为人类健康服务的一门科学，它是对改进和提高各民族人民体质的途径进行研究的一门科学。医学人类学把人类和医学充分地结合在一起，即把人类各民族体质的研究和文化（包括语言、历史、民俗、家族史、血缘关系、生活环境、生活习惯、生产方式等）的研究结合起来，探索疾病的发生发展规律及分布状况，探索各种消极因素及不科学的生活饮食习惯带给人类体能素质的消极影响。

中国是世界文明古国之一，中国人民在卫生保健上的发明与成就，是世界医学科学的宝库。早在两千多年前成书的《黄帝内经》记载了人体测量的方法、部位以及测量的数据。这些记载不仅为我国人体测量学奠定了基础，而且也为研究医学人类学提供了重要依据，为医学人类学的发展做出了巨大贡献。今天的医学人类学在广泛的人类学调查的基础上得到蓬勃发展，这里我们着重探讨生活习俗、生活和饮食方式、文化教育水平等对人类身体素质的影响，并从医学人类学角度探索癌症发病高峰的年龄因素。

今天，癌症已成为威胁人类生命的常见疾病，探讨致癌因素具有重要的理论和实践意义。一般说来，致癌因素是多方面的。据有关资料统计，男性喉癌和肝癌等疾病的发病率均比女性明显地高，某一大医院对 1970 年 1 月 ~ 1980 年 12 月住院病例的调查结果表明，这两个比数分别为 13.89 14.45

1. 另外的调查发现, 这些地区男女生活习俗与生产责任所负强度明显不同, 其中男性多吸自制的粗烟, 且有嗜酒习惯, 酒也多为自制杂粮酒, 酒质低劣。这些因素都与喉癌发病率高有关。另据流行病学调查表明, 肝癌的高发区生活较艰苦, 多饮用塘水, 口粮 2/3 为大米, 1/3 为玉米杂粮。花生、玉米等均受黄曲霉素污染。毫无疑问, 饮食结构和习惯是影响人体致癌率的一个重要因素。大千世界中被誉为“无癌之国”的斐济人, 在食用杏肉制的食品中有足够的维生素 B₆、B₁₇ 和 E 等。不良的饮食习惯如饮食不定时, 暴饮暴食、偏食等都可能成为致癌的危险因素。我国的饮食方式习惯是公用碗筷, 且缺乏严格的科学消毒方法, 这就增加了一些传染病(如肝炎)的传染机会。如能改变旧的饮食方式, 逐步做到食具消毒和分用, 将对预防疾病的发生具有积极意义。所以, 提高整个民族的文化教育水平, 改变那些不科学的饮食习俗, 合理调整食物成分, 将会大大减少疾病的发生。

许多调查资料表明, 癌症发病的高峰年龄组是 41~50 岁, 从人类学角度看, 此年龄组正是从中年向老年过渡的时期, 人的体质会发生较大的变化; 从医学方面看, 这个年龄组正处在更年期, 身心变化较大。这一时期的人往往情绪不稳定。近年来的研究表明, 心理障碍和精神障碍是不可忽视的“致癌剂”。因此, 必须提高自身的心理素质, 调节好精神状态, 正确认识自己和周围发生的事物, 以积极健康的态度去对待生活, 这样才有利于自身健康和人类素质的提高。

上面我们从医学人类学的角度探讨了某些与人类健康有关的话题。今天, 我们满怀豪情地期待着医学人类学的新发展、新突破。愿人类健康平安!

141. 精神病学研究的“好帮手”

——谈人类学在精神病学中的应用

精神病给人类带来痛苦和不幸, 人们高度重视精神病学的研究, 然而千万不要忘记这项研究的“好帮手”——人类学。体质人类学和文化人类学是人类学两个最大的分支, 我们分别从这两个方面探讨一下其应用。

(1) 体质人类学在精神病学中的应用

许多研究资料表明, 各类精神病患者与正常人在形态、体质发育、体型等诸方面往往有某些重要区别。如上海精神卫生研究所的有关专家的研究表明, 上海精神分裂症患者与正常人在体质上有如下区别: 男女患者的腰围增大, 握力减小以及女性患者的额部柔毛增多, 乳头间宽、肩乳头宽度指数和“胸围/身长”等项增大。然而, 人类体质与社会生活条件及文化背景有密切关系。因此, 必须注意不同地区间的差异, 不能一概而论。

肤纹、血型等与精神病之间的联系, 目前报道结果不太一致, 尚需进一步研究。

(2) 文化人类学在精神病中的应用

研究表明, 不同文化背景下精神病的种类和发病率等有很大差异, 并且社会文化背景的变迁对精神疾患也有不同程度的影响。早在 1839~1844 年, 就发现在美国的 40 万欧洲迁来的移民中, 以爱尔兰和德国血统的美国农民患精神病者较多, 特别是在社会地位低、与社会隔绝、文化落后的人群中, 精神病发病率较高。就精神病的种类而言, 一般来说躁郁症在发展中国家比发达国家少见; 产后精神病在亚洲和非洲较为多见; 癔症大发作在欧洲各国极为少见, 而在印度、埃及和突尼斯等国则较为常见; 性机能障碍在原始部落和发展中国家较少见。即使同一国家, 城市与农村也有较大差异, 如酒精和

药物中毒引起的精神障碍、躁郁症及神经症等，多见于城市，而精神发育不全则以农村较为多见。

应如何解释这些现象呢？应主要从社会文化环境和精神卫生的相互关系上去寻找答案。如某些国家中，产后精神病发病率高，可能是有“怀孕危险论”的偏见和婴儿死亡率高的原因。再如印度的精神分裂症病人，可能是印度教和佛教文化对病人发病前人格的影响。

我们研究文化背景与精神病之间的联系，就是要为精神病的预防和治疗服务。这种应用最突出地表现在精神治疗方面。如日本森田于1917年创立的森田疗法，可用于治疗神经症。它要求患者对于症状采取容忍而不是排斥的态度，这种精神治疗法对日本患者疗效较高，但不易为其他国家和民族患者所接受。

综上所述，人类学与精神病学的关系极为密切，必须大力开展这两门学科的交叉性研究。

142. 人类应“扰乱”自己的进化吗

——谈优生学对人类进化的影响

在人类进化的历史长河中，人类本身应进行“扰乱”吗？是的，人类的进化有一个改善、提高人类质量的问题。优生学就是一门研究人类质量的科学。一般地说，优生学分为演进优生学和预防优生学。前者是研究多生优良个体的理论和方法；后者则研究少生不良个体途径。

优生学有其理论上的合理性。应该指出，人类的进化毕竟不同于一般动物的进化，人类已形成了社会，社会的生产和受其制约的社会制度、文化水平等对人类体质的形成起着主导作用。例如，人类的配偶选择在很大程度上取决于生产水平和血缘关系的性质。再如，迁徙的发生与生产、血缘关系、经济条件、交通条件等密切相关。

优生学与遗传学、心理学、医学、社会学和人口学等科学有密切的联系。第二次世界大战后，人们逐渐认识到放射性微尘所带来的遗传突变的危险性。50年代，随着遗传学、心理学和人口学的发展又进一步扩大了优生学发展的科学基础。人们认识到遗传和环境对人的质量（包括健康、智能、性格等）的影响。据统计，世界上每年约有15万名婴儿出生时有先天性畸形。遗传性疾病对人类的危害性是不能忽视的。仅染色体畸变引起的遗传病大约有300多种。有关学者在1981年对河北省的涞水县、涿鹿县的太行山区的2122人进行了痴呆病的调查，发现患者142人，平均发病率为67.23‰，其中最低的为29.81‰，最高的为202.25‰（即大约每5人中即有1人患病）。造成痴呆病的主要原因是这个地区的居民婚配关系祖祖辈辈以来仅局限于附近几里地范围以内，遗传背景简单，亲代子代的遗传因素差异小，因而祖代的痴呆病等的遗传素容易保留下来，造成后代发病多的情况。

极高的痴呆病发病率影响了该地区人民身体素质及经济文化的发展。同时，痴呆病的高发病率与我国提倡的计划生育，少生、优生的政策极不适应。我国国土辽阔，山区半山区很多，类似情况不少，值得政府部门和自然科学以及社会科学工作者重视。

控制人口数量，提高人口素质，这是我国的一项战略性任务。我们应当进一步完善优生法规，大力开展系统而广泛的优生教育和宣传。目前我们国家在优生咨询和产前诊断方面开展得还远远不够，优生学研究有待于进一步加强。

我们相信，随着生物工程和医学工程的迅猛发展，如试管婴儿的诞生，无性繁殖技术的出现，在不久的将来，优生学知识将在全社会范围内普及，人类的素质将会因优生学以及社会一切进步因素而得到进一步提高。

143. 人类将走向何处

——谈人类学在探测未来方面的应用

人类不仅想了解自己的过去、现在，更渴望探测未来，因为这具有极其重要的现实意义。为了使现实有利于未来的发展，为了防止或应付未来的危机或灾难，都需要掌握人类未来发展的趋势。近几十年来，不少人类学家对于人类未来的体质形态、社会制度、婚姻关系、家庭形式、伦理思想和价值观念等方面作出过种种推测。

仅就人类体质方面，曾经出现过一些有趣的预言：有的人认为由于现在交通工具越来越发达了，用两条腿走路的机会越来越少了，而人的思想却变得越来越复杂，因此人类将会变成具有大脑袋和细弱下肢的“怪物”；有人认为人类的食品越来越精细化、成品化，因此人类的消化系统将日趋退化；有人认为人的视力越来越差，将来个个都要戴眼镜。这些预言有的缺乏基本的常识，令人难以置信。在人类漫长的进化过程中，几百万年来适应环境的主要手段是不断提高生产力，创造和发展文化。事实表明，文化内涵越丰富，改变体质适应环境的需要便越来越少。从北京猿人到现代智人经历了六七十万年，但人的脑量却增加不大。当然这并不意味着今后人类在体质方面就不会有什么变化了。

据调查，近几十年来人类的平均身高增长了不少，不过这种增长与食物营养的改善和医药卫生的进步有很大关系，不一定是进化所必然。况且，各种族的平均身高并不一致，不会在将来都变成巨人。如非洲、亚洲和大洋洲的皮格梅人，大约一万年就分布在现在所处的热带环境中，至今仍然矮小（平均身高在 138 和 152 厘米之间）。再拿人类的寿命来讲，在数百万年的进化史上，人类寿命的增长是很缓慢的。

值得一提的是，人类毕竟是自然和社会的统一体，人类的体质状况与其自然、社会和历史条件紧密相连。因此，探测人类未来体质的同时，还要探测人类的社会、文化、经济、科技等领域的变化。科技的高速发展不断地增强了人类的体质，也强烈地冲击着人们的观念。从过去“人生七十古来稀”到现在“人活八十不稀奇”就是一个很好的证明。纵观人类寿命的演化，可发现寿命随科技文化的进步而增长、加快而加快。人类寿命第一次大的飞跃与农业的出现和发展有关，到了近代出现的第二次飞跃则在很大程度上归因于医学技术的发展。同时，随之而来的是社会老龄化等一系列社会问题。

探测人类未来是一件非常严肃而复杂的事情，但是人类学家具有优越的条件来进行研讨，他们在研究古代和现代人类的体质、文化、社会、经济、科技的基础上，就可能合理地探测人类未来的各个方面。