

生命的演化论——以鸟类起源的化石证据为例

Evolution，长期被误译为“进化”，中国近代伟大的学者和翻译家严复将其准确的翻译成“演化”（天演）。从达尔文提出演化生物学到今天，自然界没有一个从低级到高级，从简单到复杂进化的必然规律，特定物种在特定时期所表现的进化不能作为生物演化的普遍规律或常例。从形态到分子的大量证据表明，在许多情形下，生物的某些特征还会从复杂演化到简单，甚至长期保持不变。“演化”一词涵盖了更加广泛的变化模式和过程。

英国 BBC 在 2006 年进行了一项调查，邀请被访问讲述自己对生命形成及发展的观点，48%的受访者接受演化论，39%的认可神创论或智能设计，另外 13%则回答不知道；其中超过 40%的受访者认为学校的科学课程应该讲授神创论或智能设计论。

而在 2006 年的另一项全球 32 个国家的一项调查：“人类是从早期的动物物种发展而来”论述的判断其是“正确”“错误”还是“不确定”。美国的调查显示只有 40%的人认为这一论述是正确的。在美国的校园里只讲演化论而不讲智能设计论则是违法的。

1. 什么是生命的演化？

每个都觉得自己了解演化论，可我们真的了解演化论吗？

现代演化论的核心，可以被总结为：一个生活在 35 亿多年前的原始物种（可能是一个能够自我复制的分子）逐步演化出了地球上的所有物种，其规模随着时间不断扩大，发散出许许多多新的物种，其中所发生的大多数（不是全部）演化改变的动力机制是自然选择。这论述其实包含了六个方面：演化、渐进性、物种形成、共同祖先、自然选择，以及演化改变的非选择性机制。

首先，是演化本身。其基本含义是：物种随时间发生了遗传改变，即 DNA 突变。虽然所有的物种都在演化，但是演化的速度却又不尽相同。换句话说，今天生活在地球上的动植物在远古时期是不存在的，但却源自于某种生活在过去的生物。比如，人类就是从一种像猿一样的生物演化而来的，但这种生物又不同于今天的猿。生物演化的速度取决于它们所面临的演化压力，如鲸类和人类的演

化非常快，而银杏和腔棘鱼则看起来几乎没有变化。

第二，渐进性。要产生演化上的改变，需要经历很多代，例如爬行类到鸟类的演化。很多已知的演化可以发生在很短的时间内，人短暂的一生中就可以观察到，如细菌及病毒的演化导致的日益增强的抗药性。但真正的巨大改变，通常需要上万年才能发生。渐进性不意味着均匀的演化速度。不同的物种有不同的演化速度，同一物种的演化速度也是时快时慢的，这都是演化的压力时大时小。当自然选择的作用强烈时，一个物种刚移居到新环境，演化的改变就可以很快，当其良好地适应了一个稳定的栖息地，演化速度就大大减慢了。

第三个方面：物种形成。共同祖先分化导致物种形成。物种形成意味着演化出了不能彼此基因交流的两个物种。分化不是必然的，取决于环境是否能让种群演化到无法实现种间交配的差异程度。物种形成不太精彩发生，但没发生一次，都令未来产生物种的可能性加倍，从而使物种的数量能够以指数级上升，地史中发生的频率已经足够高，才产生了如今地球上多样性的生物总体面貌。

第四个方面，共同祖先——物种分化的另一个方面。其含义为：我们总能通过 DNA 测序或研究化石的手段来回溯过去，发现任何两个后代物种都能汇合于某个祖先物种。亲缘关系较近的物种，其共同祖先的生活年代比较接近现代；而亲缘关系较远的物种，其共同祖先的生活年代也就处于相对较久远的过去。

第五个方面：自然选择。这是达尔文的伟大智慧所带来的成就。但这一思想不是达尔文所独有，与他同时代的自然科学家华莱士（Wallace）几乎同一时期也提出了自然选择理论。

这是科学史上最为著名的同时发现之一。然而，荣誉最终归于达尔文，因为他在《物种起源》中给出的选择理论是基于详实的证据与分析，还在书中探讨了这一理论 Iran 导致的很多结论。自然选择是演化论中最具有革命性的组成部分，同时也令很多人至今仍感到不安（导致社会达尔文主义的流行）。自然选择的思想，即适者生存，不适者被淘汰，并不难理解，物种适应环境的优良基因被继承，有害基因被消除，种群变得越来越适应新环境。它清晰地说明了一个事实——大自然的设计来源于一个纯粹的物质化进程，不需要超自然力量的创造或指导（即上帝创造论或智能设计论）。自然选择不能造就完美，只是在已有祖先物种的基础上的进步，正所谓“只有比较适应，没有最适应”。

第六个方面：非选择性机制。除自然选择外，其他某些过程也能导致演化上的改变。这方面最重要的一个现象是基因比例的随机变化，但它只能轻微地影响重要的演化改变，不具有自然选择那样强大的基因塑造能力。自然选择仍是唯一能产生适应性演化的推动力。

以上演化理论的六个方面不是孤立的，某些方面彼此之间是有着密不可分的联系。例如，一位著名的动物学家理查德·戈尔德施密特(Richard Goldschmidt)就曾经有过一个论断：第一个可以被称为鸟的生物可能孵化自一只货真价实的爬行动物所产下的蛋。根据突变论的预测，是不可能化石记录中找到新旧物种之间的中间态的。但是化石记录告诉我们，演化的过程不是这样的，化石记录中存在很多物种的中间状态。

2. 鸟类起源的化石证据

20 世纪末以来，古生物学家的研究成果告诉我们，鸟类起源于早期的爬行动物。但一种陆生动物如何能演化出飞行的能力呢？翅膀是如何演化的呢？飞行能力的演化过程中出现了中间阶段，而且这些中间阶段对于演化是有利的。滑翔是第一步。来自化石和现生动物的证据，很多不同的物种都已独立演化出了滑翔本领：有胎盘的哺乳动物（真兽亚纲）、有袋动物，甚至还有蜥蜴，飞鼠，飞狐猴（亦称鼯猴）等，从体侧延伸出皮翼，如飞狐猴最远可以滑翔近 140 米，而高度只下降十几米，这个距离相当于六个网球场的长度。19 世纪以来，从德国发现始祖鸟，特别是 20 世纪末期中国热河生物群大量鸟化石的发现，鸟类与兽脚类恐龙在骨架上的相似性已经让古生物学家们得出了一个结论：鸟类和恐龙有共同的祖先，鸟类从小型兽脚类恐龙演化而来。兽脚类恐龙具有诸如体型娇小，行动敏捷，肉食性，双足行走，身披羽毛等特征。大约 2 亿年前的侏罗纪早期，化石记录中已经发行了丰富的兽脚类恐龙，却没有半点鸟类的迹象。而到了 6500 万年前的白垩纪，化石中发现的鸟类已经相当接近现代的鸟类了。在 2 亿年前至 6500 万年前之间的地层中，古生物学家们找到了许多爬行类与鸟类之间的过渡态的物种。

1860 年，发现于德国一采石场中发现的始祖鸟（*Archaeopteryx lithographica*），*Archaeopteryx* 的意思就是“古老的翅膀”，*lithographica* 是指当地的索恩霍芬石灰石由于颗粒极其精细，就像印刷用的印版一样保留了柔

软羽毛的印记（图 1）。始祖鸟的爬行类特征包括有：有齿的颚、有骨的长尾、爪子、翅膀上分离的指（现代鸟类的这些骨头融合在一起，如果你啃鸡翅时注意一下就会发现这一点）以及颈椎结合在头骨的后部（恐龙的方式）而非下部（现代鸟类的方式）。始祖鸟类似鸟类的特征只有两点：巨大的羽毛和一个可以对握的大脚趾，后者可能用于抓住树干。全身覆盖有羽毛，虽然可以飞，但飞行能力较弱。因此它是爬行类与鸟类进化的中间环节。演化论者称此种情况为“马赛克”。

在发现始祖鸟之后的很多年里，人脉再没有发现另一种爬行类与鸟类的中间物种，在现代鸟类与其祖先之间留下了一块空白。而后，在 20 世纪 90 年代中期，大量来自中国辽西的令人震惊的发现，迅速填补了这一空白，研究成果震惊了全世界，辽西也迅速成为全球最热点研究区之一。这些化石发现于湖泊相沉积岩层，完好地保存了身体柔软部分的印记，呈现了一大批长有羽毛的真正的兽脚亚目恐龙。其中，最引人注目的有：顾氏小盗龙（又称四翼龙），四肢都覆盖有羽毛，全部伸展开可用于滑翔（图 2）；寐龙（“熟睡之龙”的意思），长有羽毛，正在熟睡，姿势与现代鸟类的睡姿完全一致（图 3）；美颌龙，整体骨架与始祖鸟非常相似，包括牙齿、骨盆和有骨头的长尾巴（图 4）。



图 1 始祖鸟及其复原图



图2 顾氏小盗龙及其复原图



图3 寐龙及其复原图

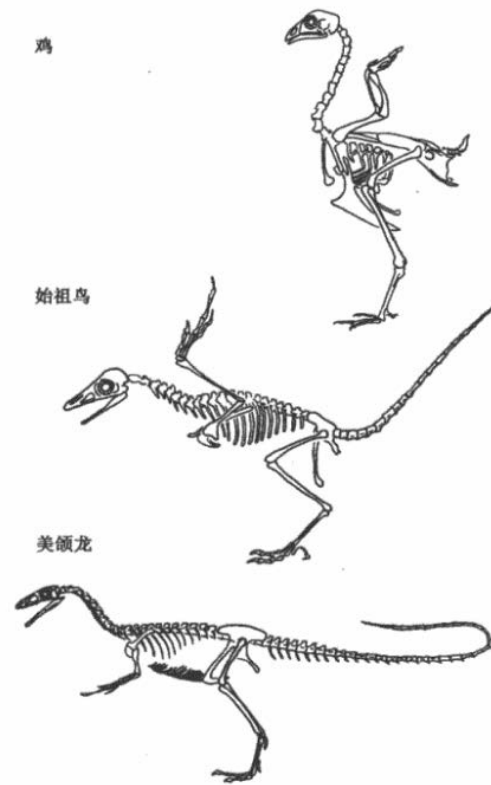


图4 鸡、始祖鸟和美颌龙骨架

所有不具飞行能力的带毛恐龙化石的年代在 1.35 亿年至 1.11 亿年之间，晚于始祖鸟的 1.45 亿年，说明它们不可能是始祖鸟的直接祖先，但很可能是近亲。带毛恐龙可能在其一支演化成为鸟类之后还继续存在了一段时期。虽然我们还不不确定，始祖鸟是否就是现代鸟类起源的那个单一物种。但是无论如何，已发现的一长串化石清晰地记录了现代鸟类的出现过程。随着化石的年龄越来越年轻，

可以观察到：爬行动物的尾巴逐步缩短；牙齿逐步消失；爪子逐步融合；更大的胸骨逐渐出现，以供飞行肌肉的附着。化石证据表明，鸟类的基本骨架蓝图和羽毛，都是在鸟类能够飞行之前就已经演化出来了。带毛恐龙的种类非常多，而且它们的羽毛显然与现代鸟类的羽毛有关。羽毛有助于维持体温的稳定。虽然羽毛从何演化而来的问题还悬而未解。部分科学家认为它们源于产生鳞片的细胞，而不是所有人都认同这一观点。

飞行动作本身的演化途径有两种可能模式，即自树而降（亦称树栖）（trees down）和自地而升（亦称地栖）（ground up）（图 5）。自树而降模式，一些兽脚亚目恐龙至少有部分时间生活在树上，或者从树上滑翔到地面，这种滑翔有利于避开捕食者，更利于发现食物，甚至还可能在意外从树上跌落时降低摔伤的概率。自地而升模式，作为一种更为可能的理论，飞行的演化源自于张开双臂奔跑和跳跃，目的可能是为了捕捉猎物，更长的翅膀可能用于辅助奔跑，如现生生物欧石鸡就是这种行为方式。

无论是“自树而降”还是“自地而升”模式，自然选择都倾向于哪些飞得更远的个体，而非只会滑翔、跳跃的个体。然后就是演化出了另一些为现代鸟类所共享的变革——中空以减轻重量的骨骼和更大的胸骨。

虽然对鸟类起源的一些细节只能猜测，但过渡化石的存在仍是一个事实，鸟类从爬行类演化而来也是一个基本的事实。始祖鸟及其稍晚时期的近亲所留下的化石，鸟类与兽脚亚目恐龙特征的混合。我们看到了一个与演化论预测完全一致，按时间顺序演化的发展过程：从早期只有细细的纤毛覆盖全身，到后来明显长有羽毛的滑翔高手，旧有特征（前肢的指及皮肤上的纤毛）被重新改造成为全新的特征（无指的翼及羽毛）。

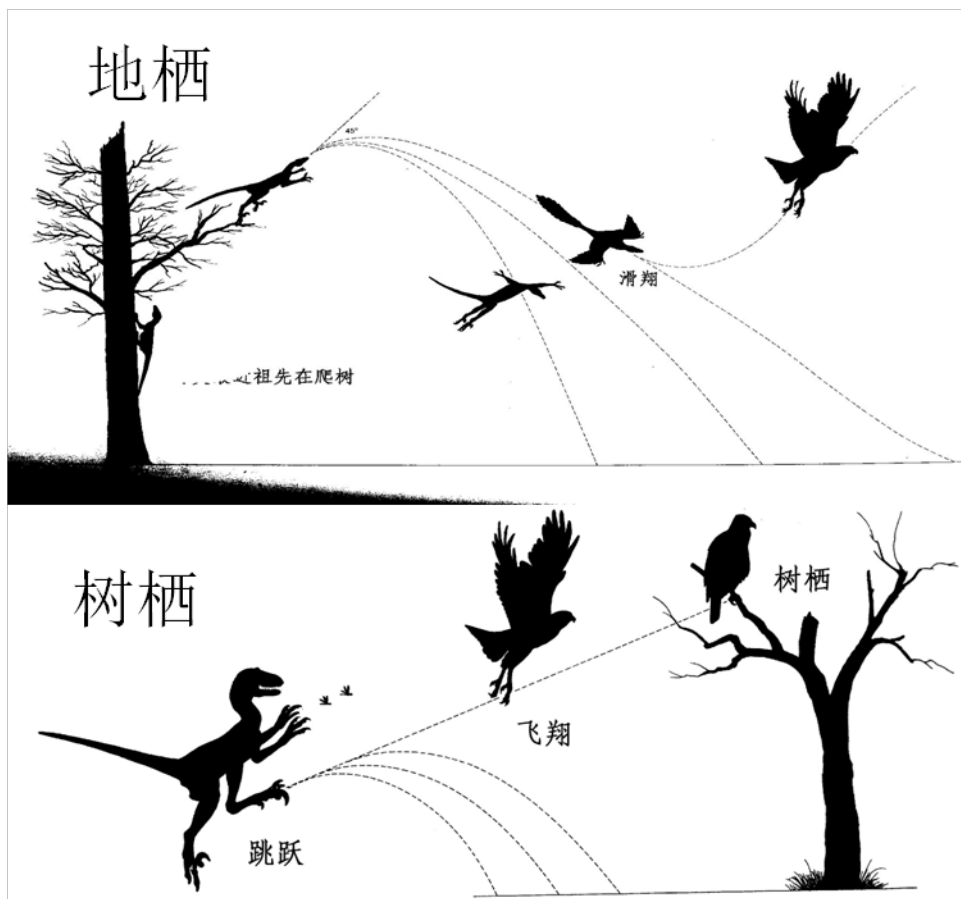


图 5 飞行起源模式示意图