

生命科学的共识——演化论

第一章 引言

生物演化论作为生命科学的核心理论之一，对于理解生物多样性和生命历程具有重要意义。Theodosius Grigorievich Dobzhansky 曾经说过：“生物学中没有任何东西是有意义的，除非它沐浴在演化的光芒下。”这句话深刻揭示了演化论在生命科学研究中的重要地位。本文旨在回顾生物演化论的发展历程，探讨其主要内容，并分析其在生命科学其他领域中的应用。

第二章 正文

2.1 演化论的发展及其内容

2.1.1 主流演化理论的发展历史及内容

2.1.1.1 神创论及早期观点

在科学方法广泛应用于生物学研究之前，人类对于生命起源的理解大多基于宗教信仰，认为所有生命形式都是由上帝直接创造的，且自创造以来未发生过改变，即神创论。然而，随着观察技术的进步和自然科学的发展，人们开始质疑这一观点。

2.1.1.2 拉马克学说

拉马克学说也被称作“拉马克主义”，其由法国生物学家拉马克于1809年发表的《动物哲学》中首先提出。该理论的两大基础是“用进废退”学说和“获得性状遗传”学说，拉马克认为这二者既是生物产生变异的原因，也是生物适应环境的结果，生物对环境的适应是主动的。用进废退是指生物经常使用的器官将会逐渐发达，而不常使用的器官会逐渐退化，例如，长颈鹿需要经常伸长脖子取食高处的树叶，故而其脖子越来越长；鼯鼠生活在黑暗的地下，几乎无法用眼睛视物，故而其眼睛趋于退化。获得性状遗传是指用进废退这种后天获得的性状是可以遗传的，因此生物可以把后天锻炼的成果遗传给下一代，导致了生物的进化。

然而，拉马克的理论经不起遗传学的推敲，生物对环境的适应也不是其主动努力的结果。德国科学家魏斯曼曾做过一个实验：将老鼠的尾巴都切断后，再让其交配产生子代，但是所产生的子代都是有尾巴的老鼠。他一直重复进行了二十一代，但子代的老鼠仍然是有尾巴的。但是，在现代生物学的研究中，我们确实发现有一些后天获得的性状可以通过表观遗传修饰等方式遗传给下一代，目前生物学界对于这些机制在生物演化中的重要性仍然存在一定的争论。^[1]但这些发现仍然表明拉马克学说在一定程度上，是正确的。

2.1.1.3 达尔文进化论

达尔文进化论主要包含查尔斯·达尔文在其1859年出版的《物种起源》中提出的自然选择的概念，以及共同起源学说。达尔文认为，所有现存生物都源自一个共同祖先，通过自然选择的过程，那些适应环境变化的个体更有可能生存下来并将有利的特征遗传给下一代。自然选择的过程可以概括为：过度繁殖，生存斗争，遗传变异，适者生存。这一理论为生物多样性提供了合理的解释，并成为了现代演化论的基础。

2.1.1.4 群体遗传学

20世纪早期，群体遗传学家们对于进化动力影响下等位基因的分布和改变的数学化研究推动了演化理论的发展。他们主张种群而非单个个体是演化的基本单位，并将演化的动力由单一的自然选择推广到自然选择、性选择、遗传漂变、突变、基因流五种。

哈代—温伯格平衡是群体遗传学数字化研究各种进化动力对等位基因分布和改变的影响的基础，存在各种进化动力时，均在哈代—温伯格平衡的基础上进行相关参数的修正。哈代—温伯格定律是指在没有进化动力的情况下，即无自然选择、没有突变、没有基因流、种群无限大、随机交配的前提下，二倍体生物的基因频率可以用哈温平衡比例表示如下：

$$f(AA) = p^2$$

$$f(Aa) = 2pq$$

$$f(aa) = q^2$$

这个基因座由A和a两个等位基因。

当进化动力存在时，将会造成基因型频率偏移哈温平衡。

2.1.1.5 现代综合进化论

现代综合进化论也称为现代达尔文主义，其产生于1936和1947年间。现代综合进化论起源于达尔文的进化理论，同时将其于孟德尔遗传学、群体遗传学相结合。在很大程度上，现代综合进化论仍然是目前演化生物学的主要模式。

现代进化综论将实验遗传学家、自然科学家、古生物学家的工作结合在一起，基本观点包括：

1. 所有的进化现象都可以用一个将遗传机制和观察到的现象统一起来的方式来解释。
2. 进化是渐进的：微小的变化在自然选择的作用下，经过长时间的积累；物种（性状）的不连续性可以用进化过程中的地理隔离和物种灭绝事件来解释。
3. 自然选择是目前为止主要导致变异的因素；微小的有利变异经过长时间积累也会导致显著的性状变化；自然选择影响物种在其生境中的表型。
4. 遗传漂变的作用不可忽视。
5. 群体是进化的基本单位，而不是个体。自然群体的遗传多样性是进化的重要因子。在自然群体中，自然选择的作用比之前认为的更大。生态因子，比如生态位，以及基因流的作用很重要。
6. 在古生物学中，从微观进化推演到宏观进化可以用来解释历史上观测到的一些现象。渐进主义并不等于进化的速率始终不变。^[2]

2.1.1.6 分子演化的中性理论

分子演化的中性理论最早由日本科学家木村资生于1968年提出，并由日本科学家太田朋子修正为近中性理论。^[3]该理论认为，在分子层面上的大多数基因突变都是中性突变或近中性突变，对生物个体的生殖与生存既无好处也无坏处，或仅有极小的影响。中性突变并不受自然选择影响，而主要受到遗传漂变的影响，近中性突变则取决于选择与漂变的相互作用。中性理论承认大多数突变基因为有害基因这一可能性，但是认为由于自然选择的快速移除，对于物种内或者物种间，这些基因并不会造成分子层面上持续的重大的改变，因而中性基因的遗传漂变在分子演化中起着更重要的作用。此外，这一理论还认为，最终中性突变能否被遗传是由随机遗传漂变模型所描述的抽验过程所决定。^[4]

2.1.2 其他演化理论与近期发展概述

2.1.2.1 其他演化理论举例

除了以达尔文的渐进演化与自然选择的演化理论为核心的主流演化理论之外，尚存在许多其他观点。例如，大突变说认为是染色体层面的巨大基因突变直接导致了物种形成。灾变论认为在每次灾难发生后，上帝便重新创造一批生物，导致了物种的演化。新灾变论认为，物种的演化是由地外因素导致的灾难和影响推动的。间断平衡理论认为演化并不是达尔文所描述的渐进式的演化，而是突进式的，物种的演化会经历长时间的停滞和短时间的快速辐射演化，就如寒武纪的大爆发。这些理论与主流的演化理论一样，都具有一定的道理，也存在其缺陷，综合考虑各种观点，相互补充可能更有利于我们探索物种演化的真相。

2.1.2.2 演化理论的近期发展

随着分子水平的研究不断推进，近些年来表观遗传学与演化发育生物学逐渐兴起并成为热门话题。表观遗传学是指在非DNA序列变化的情况下，遗传信息通过某些机制或者途径传递给子代，它说明了一些后天形成的形状如何遗传给后代的分子机制，并在一定程度上表明了拉马克主义的正确性。演化发育生物学是通过比较不同生物体发育过程以推断它们之间的祖先关系以及发育过程如何演化，借助分子工具，我们将能更加准确的直到物种之间的演化关系，并探秘物种起源。

2.2 生命科学分支学科中的演化思想举例

随着时间的推移，生物演化理论的意义已经不再局限于演化生物学单一学科，而是渗透到了生命科学的各个研究领域，成为了生命科学的核心思想之一。宏观层面如物种形成、生态位分化，以及微观层面如基因组学分析、蛋白质定向进化等方面均蕴含着生物演化的思想。

2.1.1 分子生物学中的演化思想举例

在分子生物学研究中，演化的思想尤其重要的用途，以蛋白质定向进化技术以及基因组学研究为例。蛋白质定向进化技术是一项基于自然选择原理的人工实验技术，它通过模拟自然界的突变过程，并施加特定的选择压力来优化酶活性或其他所需特性。这种方法在实验室中人为加速了自然界漫长的演化过程，为药物开发、工业酶生产等领域提供了新的解决方案。基因组学研究则通过对不同物种基因组的比较分析，追踪基因家族的扩张和收缩、基因重复事件及水平基因转移等现象，揭示出物种间遗传关系及其演化历史。

2.1.2 植物形态学中的演化思想举例

植物形态学的研究离不开对植物组织结构以及功能的阐述，演化的思想指导着人们对植物结构与功能相适应的理解。通过对不同植物种类之间形态差异的研究，科学家能够揭示出这些差异背后隐藏的适应性策略。例如，某些沙漠植物发展出了厚实的叶片以减少水分蒸发；而食虫植物则进化出独特的捕虫器来补充营养不足。而这些独特的结构这些都是自然选择作用下产生的结果。

2.1.3 生理学中的演化思想举例

特定的生理功能服务于动物的生存，而动物的生存源于对环境的适应，对于生理功能的探究也离不开演化的指导思想。生理学中对于环境适应性的研究是指研究不同物种在极端条件下（如高温、低温、高盐度等）生存能力背后的生理机制，通过这些研究，科学家可以发现许多有趣的适应性改变，比如某些鱼类体内存在特殊的抗冻蛋白帮助它们在极地海洋中存活。同时，科学家们可以通过对比不同动物群体的免疫反应模式，了解免疫系统如何随着病原体的变化而不断进化，以保持机体对外界威胁的有效防御。

2.1.4 细胞生物学中的演化思想举例

细胞的内共生起源假说是细胞生物学中演化思想应用的典型案例，其探讨线粒体和叶绿体这类细胞器的起源，并有证据支持它们可能是早期真核细胞吞入细菌后逐渐演化而成的说法。这一过程体现了细胞内部结构的复杂性是如何通过长期的协同进化达到今天所见状态的。不同的细胞类型采取着多样化的方式进行自我复制，其中一些机制反映了远古时期细胞分裂方式的痕迹，同时也展示了自然选择如何塑造了高效的细胞周期调控网络。

第三章 讨论

演化论自达尔文时代提出以来，已经成为解释生物多样性和适应性机制的核心理论。从化石记录到分子生物学证据，演化论为理解自然界中观察到的复杂现象提供了一个连贯且强大的框架。它不仅整合了遗传学、生态学、古生物学等多个学科的知识，还促进了对生命现象更深层次的理解，在解释生物多样性方面取得了巨大成功。

支持演化论的证据是多方面的，并且极为丰富。例如，化石记录展示了物种随时间变化的趋势，揭示了灭绝与新物种出现的过程；比较解剖学通过分析不同物种间的相似结构，如脊椎动物的骨骼系统，进一步证实了共同祖先的存在；分子生物学则通过基因序列对比，揭示了不同物种间亲缘关系及其进化路径。此外，实验室条件下的人工选择实验（例如蛋白质定向进化）也直接展示了自然选择过程的作用。这些旁证共同构成了一个强有力的支持体系，使得演化论成为目前解释生命现象最合理且最广泛接受的理论之一。

然而，在《自然》中，有22位生物学家质疑进化论的真实性，并指出：“我们没有关于进化论的绝对证据，我们只有支持它的压倒性的旁证，同时，目前还没有更好的选择。但是，如果现在有一个更好的理论出现，进化论明天就会被抛弃。”^[5]科学的本质在于其自我修正的能力，我们必须认识到任何科学理论都存在局限性。虽然目前没有比演化论更好的替代方案来全面解释生物多样性及其起源，但该理论本身也面临着一些未解之谜。例如，复杂器官如何逐步形成、某些快速演化事件背后的具体机制等仍然是研究中的热点问题。随着技术的发展，如基因编辑工具CRISPR-Cas9的应用以及计算能力的提升，科学家们正在以前所未有的速度积累更多关于生命本质的数据。如果未来出现了一个能够更好地解释现有数据，并且在预测新发现方面表现得更为准确的新理论，那么现有的演化论将会被重新评估甚至可能被取代。我们应保持一种开放的态度，随时准备接纳可能超越当前理论的新知识。

参考文献

- [1] Laland, K., Uller, T., Feldman, M. *et al.* Does evolutionary theory need a rethink?. *Nature* **514**, 161–164 (2014).
- [2] 维基百科: <https://zh.wikipedia.org/wiki/现代演化综论>
- [3] T. Ohta, Near-neutrality in evolution of genes and gene regulation, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 99 (25) 16134–16137, (2002).
- [4] Kimura, Motoo. *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge, (1983).
- [5] How true is the theory of evolution?. *Nature* **290**, 75–76 (1981). <https://doi.org/10.1038/290075a0>