

第 1 章

生命起源

1.1 我们从哪里来

“我们从哪里来？”这是一个千年来亘古不变的话题。在遥远的古代，古老的神话传说给予人们一些美好的遐想：盘古开天辟地，劈开了混沌的宇宙，开创了山河大地；女娲塑泥造人创造了人类，使得生命延续；女娲补天恢复自然秩序，建立稳定的自然环境。这些耳熟能详的神话故事给予了我们一些生命起源的启示和思考，同时也预示着人类改造自然，战胜自然的决心与魄力。

早在公元前 300 年，战国时期楚国伟大诗人屈原就对人类起源发起疑问，创作了《天问》诗篇。诗人对天地分离、宇宙万物变化以及王朝的兴衰等提出自己的疑问，表现了屈原敢于质疑，勇于追求真理的探索精神。同时期的道家学派代表人物庄子对于生命起源也有自己的理解。庄子在其代表作《逍遥游》中表达了对生命的思考。他以朝菌、蟪蛄等形象来描述人们在不同的环境中所经历的局限和困扰，进而提倡超越这些局限和困扰，追求超脱于世俗之外的境界。他认为生死只是人类局限于个体生命的一种观念，而宇宙万物永恒循环。因此，庄子主张超越生死界限，以坦然的态度面对生死，实现心灵的自由。

人们一直在对宇宙进行探索，明朝时期的万户被誉为“世界航天梦想第一人”，怀着对太空的憧憬，万户利用自制的火箭，完成飞天梦想，不幸的是火箭在空中爆炸了，他也为此献出了自己的生命。然而，他的牺牲为人类向未知宇宙的探索做出了巨大贡献。为了纪念万户，月球上的一座环形山便以他的名字命名。直到 20 世纪 50 年代苏联发射第一颗人造地球卫星时，人类才实现真正意义上的太空探索。

之后，各种各样的太空探测器成功发射升空，进行不同的宇宙探索。从此，太空中也出现越来越多的人类足迹。“东方红一号”的成功发射，标志着我国航天事业进入新纪元，此后我国越来越多的地球卫星以及多个月球探测器和火星探测器成功发射，我国航天事业蒸蒸日上。这些航天飞行器的发射不仅为科学研究和技术发展提供了重要的平台，而且对国家安全和战略需求具有重要意义。

1.2 宇宙起源

从一颗小小的细胞到一个完整的生命体需要经过多少次裂变？地球上第一个细胞又是从哪里来的呢？提到生命的起源，不得不说到宇宙起源，宇宙起源比生命起源更久远，也更复杂。关于宇宙的起源，目前较为接受的是“宇宙大爆炸假说”。20世纪初，比利时天文学家和宇宙学家勒梅特首次提出了宇宙大爆炸假说。根据这个假说，宇宙起源于一个极度炽热、高密度、高能量的奇点，随着时间的推移，奇点经历了一次巨大的爆炸，宇宙开始膨胀并不断扩张至今。在宇宙大爆炸发生后的极短时间内，宇宙开始形成基本粒子，包括质子、中子和电子等。随着时间的推移，这些基本粒子通过引力作用，逐渐聚集形成更大的结构，如原子核、恒星和星系等。这个过程需要数十亿年的时间^[1]。尽管宇宙大爆炸假说得到了广泛的支持，但对于宇宙起源的确切机制仍然存在许多未知。科学家们在天文学、粒子物理学和宇宙学等领域进行了大量的研究，以深入探索宇宙的起源和演化。随着科学的发展，我们对宇宙起源的认识将进一步深化。

在浩瀚的星辰大海中，地球是目前已知的唯一存在生命的星球，也是我们赖以生存的家园。太阳系由太阳、行星、卫星、小行星、彗星和其他天体组成。太阳是太阳系的中心天体，也是太阳系中最大的天体。它主要由氢气和氦气等气体组成，并通过核聚变反应产生能量和光。太阳的引力控制并维持着太阳系中其他天体的运动。太阳系中共有八颗行星，按照与太阳的距离可以分为两类：内部行星（类地行星）和外部行星（类木行星）。其中内部行星由内到外分别是水星、金星、地球和火星。这些行星较小且密度较高，由岩石和金属组成，它们围绕太阳运行的轨道相对较近。外部行星由内到外分别是木星、土星、天王星和海王星。这些行星的体积庞大，主要由气体和液体组成，它们距离太阳较远，被称为气体巨型行星。总体来说，太阳系是一个复杂而精密的天体系统，其中的各个成员相互影响并共同演化。

对太阳系的研究对于理解行星形成、生命起源以及宇宙演化等问题具有重要的科学意义。

关于太阳系的起源也有多种假说，其中由德国康德及法国拉普拉斯提出的“康德-拉普拉斯星云说”较为被大众接受。根据康德-拉普拉斯星云说，太阳系的形成始于一个巨大的旋转气体和尘埃星云。这个星云由前一代恒星爆炸产生的物质组成，并且处于旋转中。随着旋转逐渐加速，星云逐渐变平并收缩。由于自转速度增加和星云的压缩，密度高的区域开始形成，即太阳。与此同时，星云中的物质也开始逐渐聚集形成行星。起初，这些行星是由围绕太阳旋转的物质环（原行星环）组成。随着时间的推移，原行星环逐渐凝聚成行星，并继续围绕太阳运动。康德-拉普拉斯星云说认为，太阳系的形成是一个自然而规律的演化过程，没有外部的神秘因素介入。尽管这个理论在 18 世纪末至 19 世纪初被广泛接受，但它也存在一些问题。例如，该理论难以解释太阳系行星轨道的倾斜度和不规则性，以及太阳系中一些异常的特征。因此，随着科学的发展，人们提出了更多关于太阳系起源的假设，并进行了进一步的研究来探索太阳系的起源之谜。

自从哥白尼在 16 世纪提出“日心说”并推翻了传统的“地心说”，人们对于地球起源和天体演化的研究进入了一个全新的阶段。地球的形成大约发生在 46 亿年前，科学家将其演化历史划分为四大阶段，包括冥古宙、太古宙、元古宙和显生宙。冥古宙（约 46 亿~39 亿年前）：在这个时期，地球正处于形成的初期。根据地球化学和地球物理的研究，科学家认为，地球的核心和地幔开始形成，而地壳则在后续的时期才逐渐形成。太古宙（约 39 亿~25 亿年前）：在太古宙时期，地球经历了激烈的地质活动，包括火山喷发、地震和岩浆的运动。地球上最早的岩石形成和海洋的出现也在这一时期。此外，简单的有机分子也可能在海洋中形成，为生命的起源提供了基础。元古宙（约 25 亿~5.45 亿年前）：元古宙是地球历史上发生了重要事件的时期。在这个时期，地球经历了大规模的板块构造活动和山脉的形成。同时，早期的生命形式开始出现，并逐渐演化为更加复杂的生物。显生宙（约 5.45 亿年前至今）：显生宙是目前地球上生命最为丰富和多样化的时期。在这个时期，生命的进化经历了许多关键的里程碑，包括植物和动物的出现、陆地生态系统的形成以及恐龙和哺乳动物的兴衰。

冥古宙，也被称为前太古代，是地球形成的最早时期。地球的面貌与现在完全不同，它更像一个巨大、炽热的岩浆球。随着数百万年的过去，地球逐渐冷却，较重的物质沉入地心，而较轻的物质则浮到表面，逐渐形成了地球的分层结构。在这

一时期，月球也形成了。目前，关于月球的形成，最广泛接受的理论是大碰撞理论。根据该理论，约 46 亿年前，地球与一个规模相当于火星大小的天体相撞，导致巨量物质喷发并形成了月球。在地球的引力作用下，月球绕地球旋转。这次碰撞不仅使地球自转轴倾斜，带来了四季的变化，还为地球提供了一道保护屏障，减少了来自太空的陨石撞击的可能性。同时，月球也与地球的潮汐现象密切相关，它的引力引起了海洋潮汐的周期性变化^[2]。大约 38 亿年前，地球温度开始降低。

地球重建后期，开始进入太古宙时期，也是生命起源的时期。如果把地球的历史浓缩为 24 小时，那么，生命的诞生可能在凌晨 3 点。关于生命的起源一直是研究的热点领域，最为接受的是“化学起源假说”，由苏联生物化学家奥巴林提出。该假说认为生命是由一系列无机物经过复杂的化学过程演变而来的。其将生命起源划分为四个阶段。第一阶段是从无机物到有机物的转变。地球早期的大气层中含有大量的无机物质，如氨气、甲烷、氢气和水蒸气等。这些物质在闪电、紫外线辐射和其他外部能量的作用下发生一系列的化学反应。特别是甲烷的产生，对于维持地球温度以及参与化学反应至关重要^[3]。第二阶段是从有机小分子物质转变成有机大分子物质，这一过程发生在原始海洋中，在某些条件下，小分子物质不断浓缩聚合，形成稳定的大分子物质，如多肽、核酸等。这些大分子具有更高的化学复杂性和功能性。第三阶段是由有机大分子物质转变成多分子体系。多种有机分子可能通过团聚体的形式自发浓缩为液滴，在其内部完成某些复杂的催化反应。最后一个阶段是细胞的诞生。根据“RNA 世界假说”，具有自我复制和催化活性的 RNA 可能是早期生命的关键组成部分，扮演着遗传信息的载体以及反应催化剂的角色。RNA 分子具有自我复制的能力，这意味着 RNA 分子本身可以通过模板复制的方式合成新的 RNA 分子，从而实现遗传信息的传递和保存。同时，RNA 具有催化反应的能力，可以促使特定的化学反应发生。这种催化活性由 RNA 分子的特殊结构和碱基序列决定，使得 RNA 可以在早期的生命起源过程中起到催化剂的作用。随着时间的推移，RNA 可能逐渐被 DNA 和蛋白质所取代，形成现代生物中的遗传信息和代谢系统。总的来说，化学起源假说提供了一个框架来解释生命起源的过程。虽然还存在许多未解之谜，但通过实验室的模拟实验和对现有证据的研究，科学家们正在努力深入理解并推动我们对生命起源的认识。

元古宙距今约 25 亿~5.45 亿年，是地球演化史上一个重要的时期，多细胞生物在这个时期诞生。元古宙可以进一步分为三个时代：古云古代 (Paleoproterozoic)、中元古代 (Mesoproterozoic) 和新元古代 (Neoproterozoic)。在元古宙，地球经

历了许多重大的地质和生物学事件，这些事件塑造了地球的面貌并促进了生命的演化。元古宙见证了超级大陆的形成和破裂。最著名的超级大陆是罗迪尼亚大陆 (Rodinia)，大约形成于 11 亿年前^[4]。超级大陆的形成和破裂对地球地壳、岩石圈和海洋的演化产生了深远的影响。元古宙是氧气积累的关键时期。最早的光合作用生物开始释放氧气，导致氧化事件的发生。氧气浓度的上升，改变了地球的大气成分，并为后续生命的发展创造了条件。在元古宙，最早的多细胞生物开始出现。这些早期生物通常是微小而简单的海洋生物，如海绵动物和浮游生物。多细胞生物的演化标志着生命复杂性的增加，为日后出现的更复杂的生物奠定了基础。在元古宙晚期，地球经历了重要的冰期事件，被称为“雪球地球假说”。据科学家研究推测，地球可能在 7.5 亿~6 亿年前经历了全球范围的冰川覆盖，导致地球表面几乎完全被冰雪覆盖。元古宙也是地球岩石变质作用的重要时期。在这个时期，许多岩石形成，在地壳板块运动、火山活动和构造变动的作用下，岩石发生了重大变化。元古宙是地球演化史上一个重要的时期，不仅对地球的地质结构、大气成分和生物演化起到了关键作用，还为后续的地球历史发展奠定了基础。

显生宙是地球历史上最近的一个宙代，自 5.45 亿年前开始，延续至今。在这个宙代中，地球上出现了生物种类的急剧增加和广泛扩张，标志着生物多样性的爆发和进入现代生物进化的阶段。人类的出现和演化也发生在显生宙。显生宙可以分为三个主要时代：古生代 (Paleozoic)、中生代 (Mesozoic) 和新生代 (Cenozoic)。

(1) 古生代：古生代开始于 5.45 亿年前，结束于 2.51 亿年前。这个时代见证了许多生物群体的诞生和迅速发展。早期的古生代，海洋中出现了大量的浮游生物，如三叶虫和腕足动物。随着时间的推移，陆地上逐渐形成了早期的植被，并出现了昆虫、爬行动物和早期四足动物（类似于恐龙）。

(2) 中生代：中生代开始于 2.51 亿年前，结束于 6600 万年前。这个时代被称为恐龙时代，也是爬行动物在地球上的统治时期。在中生代早期，恐龙迅速发展并占据了陆地和海洋中的许多生态位。与此同时，各种植物和昆虫也在这个时代出现。中生代晚期，一些早期的哺乳动物和鸟类开始出现。

(3) 新生代：新生代开始于 6600 万年前，直到现在。这个时代见证了哺乳动物和鸟类的繁荣，并发生了两个主要的演化事件：第一次哺乳动物的大规模放射性进化，鸟类的起源和多样化。在新生代早期，一些古老物种如始祖鸟和肉食哺乳动物幸存下来。随后，一些灭绝事件（如白垩纪-古近纪灭绝事件）导致恐龙灭绝，为哺乳动物和其他生物的进一步演化提供了机会。新生代晚期，人类的出现和文明

的崛起标志着这个时代的繁荣发展。

显生宙是地球历史上一个重要的时期，见证了生命的演化和生物多样性的爆发。从早期的海洋生物到陆地生物的进化，再到恐龙时代和哺乳动物的崛起，这个宙代为地球生命的发展奠定了基础，也为人类的出现和繁荣提供了条件。

1.3 / 人类诞生

那么人类是什么时候出现的呢？大约 700 万年前的非洲大陆出现了现代人类的祖先——类猿人。类猿人是从类似灵长类动物演化而来的，具备了一些类人特征，但还没有完全进化成现代人类的形态。类猿人出现在地球上的时间跨度非常长，从约 700 万年前到几十万年前不等。这个时期出现了多个物种，其中最著名的是直立猿人属 (*Australopithecus*) 和早期人属 (*Homo*)。直立猿人属在类猿人演化过程中非常重要。最著名的直立猿人属物种是南方直立猿人 (*Australopithecus africanus*) 和东非直立猿人 (*Australopithecus afarensis*)。它们具备了直立行走的能力，但头颅和身体的某些特征仍保留了原始的类人猿特征。早期人属是从直立猿人演化而来的更接近现代人类的类猿人。最著名的早期人属物种包括尼安德特人 (*Neanderthals*) 和直立人 (*Homo erectus*)。这些物种的头颅、骨骼和行为习性显示出与现代人类更接近的特征，如更大的脑容量和使用工具的能力。类猿人的进化过程中，逐渐发展出语言、工具使用、社群生活等特征。他们采用了更复杂的生存方式，开始利用火和制造简单的工具。这些演化过程为后来现代人类的出现铺平了道路。在以色列的一个距今约 79 万年的遗址中发现了被火烧的种子和木头，表明人类至少在 79 万年前就已经掌握了使用火的方法^[5]。然而，尽管类猿人在某种程度上已经展现出类似人类的特征，但他们与现代人类之间仍存在一些明显的差异。与现代人类相比，类猿人的智力和文化发展较为有限，缺乏复杂的社会结构和艺术创作等高级认知能力。

现代智人，也被称为解剖学上的现代人类，是指今天地球上存在的唯一一种人类物种。现代智人的起源和演化是人类进化史上一个关键的、令人感兴趣的话题。根据目前的科学研究和考古证据，现代智人的起源可以追溯到 20 万~30 万年前的非洲。根据遗传学和基因组研究，现代智人与早期人类群体之间存在着明显的遗传和基因差异。最早的现代智人化石发现于非洲东部，如埃塞俄比亚和坦桑尼亚等地。这些化石显示出了现代智人特征，如较小的下颌骨、圆形脑壳和高度发达的额

叶。逐渐演化成现代智人的过程可能涉及多种因素，包括环境变化、自然选择和人类群体之间的迁移和遗传交流。这个过程的关键环节可能是技术和文化的发展，如工具使用、语言能力、社会组织等。

1.4 细胞核染色体的发现

现代科学关于细胞的发现最早追溯到17世纪。罗伯特·胡克（Robert Hooke）作为英国伟大的科学家和发明家，其传奇一生给后人留下了许多文化瑰宝。他在1665年的著作《显微术》中首次描述了对细胞的观察和发现。胡克使用当时新发明的显微镜，观察了各种生物和非生物样品。他观察到了一些薄而透明的植物组织，并发现了由无数的小方格构成的结构。这些方格被他称为“细胞”，这个术语后来被广泛接受并用于描述生物体的基本结构单位。胡克的观察结果揭示了植物组织由大量的细小结构组成，这些结构类似于蜂巢中的蜂房。他还观察了其他生物物质，如动物骨骼和化石，进一步验证了细胞存在的普遍性。然而，需要注意的是，胡克使用的显微镜并不像现代显微镜那样强大和精确，他所看到的细胞只是通过简单的光学放大观察到的。因此，他对细胞的观察主要限于植物细胞，并没有深入研究动物细胞。

荷兰工匠列文虎克（Leeuwenhoek）受《显微术》一书的启发，对胡克的显微镜镜片进行了改进，对微生物进行了细致的观察，他观察到了牙齿上的牙菌斑，也看到血液中的红细胞，被称为微生物学之父。列文虎克用显微镜观察并证明了微生物存在于空气、水和食物中，并且证实它们是疾病的来源。他认为可以通过接种弱毒疫苗产生对疾病的免疫力。列文虎克成功地研制了狂犬病疫苗和炭疽病疫苗，使得这些可怕的疾病可以被预防和治疗。列文虎克的伟大成就不仅对医学和生物学产生了深远影响，也直接促进了公共卫生的改进，使得人类的健康状况得到显著提升。他被公认为现代微生物学的奠基人之一，开辟了许多科学领域的道路，并且对人类社会产生了持久而深远的影响。

罗伯特·布朗（Robert Brown）是19世纪英国的一位著名植物学家和生物学家，他被认为是现代细胞学的奠基人之一，对植物学和植物细胞的研究做出了重要贡献。布朗首次观察到了在液体中悬浮的颗粒的随机运动，这种现象后来被称为“布朗运动”。通过观察细小颗粒的不规则扩散，他揭示了分子运动的无规律性，并

为原子论提供了实验证据，这对于物理学和化学的发展有重要意义。布朗研究了植物细胞，并在 1831 年观察到了细胞核的存在并详细描述了其结构。他注意到在植物细胞的细胞壁内，有一个固定的、圆形的结构，这就是后来被称为细胞核的部分。这项发现对于理解细胞的组成和功能起到了关键的作用。

查尔斯·罗伯特·达尔文（Charles Robert Darwin）是 19 世纪英国的一位著名科学家，被公认为现代生物学的奠基人之一。他以其进化论理论和《物种起源》一书而闻名于世。他通过长期考察动植物的多样性和地理分布，观察到了物种之间的变异和适应性特征。他认为，这些变异经过自然选择的作用，会导致物种的逐渐演化和改变。这一理论在他的《物种起源》中进行了详尽阐述，在当时引起了巨大的争议和重大的科学革命。达尔文提出了自然选择的概念，即根据环境条件和生存竞争，个体的适应性特征将更有可能传递给下一代。他认为，自然选择是逐渐改变物种的主要驱动力，使得物种能够适应不断变化的环境。达尔文的研究表明，所有生物都有共同的祖先。他追溯了生物的演化历史，并提出了生物分类的树状图谱系，将不同物种归类为共同的分支。

细胞学说的建立过程可以追溯到 19 世纪早期，德国植物学家施莱登开始研究植物的组成结构。他观察到所有植物组织都由细胞组成，并发表了关于植物细胞的论文。他的研究成果为细胞学说的奠基打下了基础。与此同时，德国解剖学家施旺也进行着类似的研究。他观察了动物组织，并得出了类似的结论，即动物体内的结构也是由细胞构成的。细胞学说的建立促进了对细胞结构和功能的深入研究，奠定了现代生物学的基础。它也为细胞生物学、发育生物学、遗传学等领域的进一步研究提供了重要的理论和实践基础。细胞学说的提出与发展对于人们理解生命本质和生物体运作机制起到了重要的推动作用。

既然细胞是动植物的基本结构单元，那么细胞又是如何完成分裂的呢？是否有某些特殊的遗传物质参与呢？19 世纪末，弗莱明使用新改进的显微镜技术研究动物细胞。他在观察中注意到了细胞核内的线状结构，并将其称为“染色质”。通过进一步研究，他发现这些染色质在细胞的有丝分裂过程中表现出明显的变化，进一步确定了染色质的重要性。弗莱明对有丝分裂进行了系统的观察和描述，并提出了一套详细的有丝分裂阶段的分类体系。基于对有丝分裂过程的观察，弗莱明提出了细胞分裂的“纺锤体理论”。他认为纺锤体是细胞内起关键作用的结构，通过纺锤体的运动和调控，细胞能够完成准确的染色体分离和细胞分裂过程。这一理论为后来对细胞分裂机制的研究提供了重要的思路 and 基础。

1.5 / 总结

从宇宙的起源到人类的进化，再到染色体的发现，本章简述了生命从哪里来的问题。那么人类的未来在哪里呢？尽管人类基因组从宏观来说是相当保守的，但是最近的研究表明，部分基因正在加速进化^[6]，这表明人类未来在进化上可能更加多样化。近年来大火的基因编辑技术似乎带来了新的希望。基因编辑技术可以针对特定基因进行精细的修改，使得科学家能够更准确地研究和了解基因功能以及与疾病相关的基因突变。同时还可以用于改良农作物，提高产量、耐病性和抗虫性，从而增加食品供应的稳定性，并减少对农药的依赖。但是基因编辑技术尚处于发展阶段，目前还存在潜在的副作用和风险。未经充分验证和临床实践的基因编辑可能导致意外的基因改变或其他未知的影响。所以在使用基因编辑技术时应该更谨慎，特别是在人体上的应用，因为这种可遗传的染色体改变所带来的后果可能是非常危险的。总的来说，生命起始于一颗小小的受精卵，而受精卵的发育与染色体是密不可分的。那么染色体还有哪些秘密呢？请接着往下看，了解染色体的奥秘可能会对生命起源有一些新的认识。

参考文献

- [1] BROMM V, YOSHIDA N, HERNQUIST L, et al. The formation of the first stars and galaxies [J]. *Nature*, 2009, 459(7243): 49-54.
- [2] MUNKER C, PFANDER J A, WEYER S, et al. Evolution of planetary cores and the Earth-Moon system from Nb/Ta systematics [J]. *Science*, 2003, 301(5629): 84-87.
- [3] ERNST L, BARAYEU U, HADELER J, et al. Methane formation driven by light and heat prior to the origin of life and beyond [J]. *Nature Communications*, 2023, 14(1): 4364.
- [4] HANSON R E, CROWLEY J L, BOWRING S A, et al. Coeval large-scale magmatism in the Kalahari and Laurentian cratons during Rodinia assembly [J]. *Science*, 2004, 304(5674): 1126-1129.
- [5] GOREN-INBAR N, ALPERSON N, KISLEV M E, et al. Evidence of hominin control of fire at Geshen Benot Ya'aqov, Israel [J]. *Science*, 2004, 304(5671): 725-727.
- [6] HAWKS J, WANG E T, COCHRAN G M, et al. Recent acceleration of human adaptive evolution [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(52): 20753-20758.

第2章

染色体与双螺旋结构的发现

2.1 / 染色体的发现

对生命和遗传的探索令人着迷。几个世纪以来，科学家们一直努力揭示生命背后的奥秘，并为我们带来了许多惊人的发现。

当看到地球上茂盛的植被和繁衍的动物时，我们不禁想知道生命的起源之谜。各个民族文化都留下了关于生命的种种神话。然而，真正的科学研究需要通过实证和观察来提供答案。

随着显微镜的发展和细胞学的兴起，科学家们开始深入研究细胞结构和功能。其中，染色体的发现无疑是细胞学史上的重大突破，染色体的存在和作用对于遗传学的发展至关重要。本书将带领读者穿越时空，追溯染色体发现的历史，探索早期学者在观察和理解染色体方面所做出的努力，我们将回顾经典遗传学实验，揭示染色体在遗传信息传递中的关键作用。

通过本书，希望读者能够领略到科学家们为了解生命的奥秘所做出的努力和贡献。愿本书能够激发读者对于科学和生命的好奇心，并为你们带来启发和愉悦！

2.1.1 孟德尔与遗传定律的发现

格雷戈尔·约翰·孟德尔（Gregor Johann Mendel）生于1822年7月20日，是奥地利的一位修道士和植物学家。他因遗传学的开创性贡献而闻名，并被誉现代遗传学之父。