# 达尔伦进化论

在西方思想史上，力持进化论观点的是英国生物学家达尔文（1809—1882）。达尔文主张，生物界物种的进化及变异，系以天择的进化为其基本假设：此外，并以性别选择和生禀特质的遗传思想来作辅助。1859年，达尔文的《物种起源》的出版，震动了整个学术界和宗教界，强烈地冲击了《圣经》的创世论。达尔文的《物种起源》提出生物进化论学说，对宗教“神造论”和林奈与居维叶的“物种不变论”发起一场革命，震动当世。由于进化论违反《圣经》里的创世论，所以自问世以来，一直是宗教争论的焦点 。

## 1 查尔斯·达尔文

查尔斯·达尔文（1809—1882），英国生物学家、博物学家，进化论的奠基人，早期以地质学研究而闻名,而后又在动植物和地质方面进行了大量的观察和采集，猜测所有生物物种是由少数共同祖先，经过长时间的自然选择过程后演化而成

## 2 发展历史

### 2.1 理论雏形

①古希腊阿那克西曼德（约公元前6世纪）认为生命最初由海中软泥产生。原始的水生生物经过蜕变（类似昆虫幼虫的蜕皮）而变为陆地生物。他推测，人最初是由另外一种动物产生的，其理由是别的动物都很快就给自己寻找食物，而只有人却需要很长一段哺乳时期，如果人在起初就是像现代人这种样子，那他是不能存留下来的。他认为人就是从鱼产生的，这可能是古人从观察人的胚胎和幼鱼有某种相似而得出的结论。

②古希腊亚里士多德（公元前384—前322年）在《动物志》中说，“自然界由无生物进展到动物是一个积微渐进的过程，因而由于其连续性，我们难以觉察这些事物间的界限及中间物隶属于哪一边。在无生物之后首先是植物类……从这类事物变为动物的过程是连续的……”，在《论植物》中说，“这个世界是一个完整而连续的整体，它一刻也不停顿地创造出动物、植物和一切其他的种类”。他认为生命的演化应该是这样的途径：非生命→植物→动物（这被后人称之为“伟大的存在之链”），这也大致符合基于现代科学的认知。达尔文进化论中的微小变异的连续累积似乎也与亚里士多德的积微渐进的生命演化观如出一辙 [4]。

③宗教学特创论

神创论表示整个自然界被创造出来是为了彰显造物主的荣耀。

④智慧设计论

智慧设计论又称作目的论，它是一种神学论，由于智慧设计论一般来说是没有神的。智慧设计论是说世界必然是由一个超自然的东西来创造并设计了（这些实体和）某些规则，造成了这些现象。这些现象的特征主要可归纳为不可化约的复杂性、特定复杂性，以及宇宙万物有序、符合规律。在细胞膜是脂融性弱酸被证明后几经被否定，在基因生物学建立的PAM矩阵面前彻底被否定。

⑤不变论

从15世纪后半叶的文艺复兴到18世纪，是近代自然科学形成和发展的时期。这个时期在科学界占统治地位的观点是不变论。当时这种观点被牛顿和C.v林奈表达为科学的规律：地球由于所谓第一推动力而运转起来，以后就永远不变地运动下去，生物物种本来是这样，以后也是这样，其也被否认了。

⑥活力论

到了18世纪下半叶，I.康德的天体论首先在不变论自然观上打开了第一个缺口；随后，转变论的自然观就在自然科学各领域中逐渐形成。这个时期的一些生物学家，往往在两种思想观点中入门徬徨。例如林奈晚年在其《自然系统》一书中删去了物种不变的词句；法国生物学家G.-L.d e布丰虽然把转变论带进了生物学，他一生都在转变论和不变论之间徘徊。J.-B.d e拉马克在1809年出版的《动物哲学》一书中详细阐述了他的生物转变论观点，并且始终没有动摇。18世纪末—19世纪后期，大多数动植物学家都没有认真地研究生物进化，而且偏离了古希腊唯物主义传统，坠入唯心主义。“活力论”虽然承认生物种可以转变，但是把进化原因归于非物质的内在力量，认为是生物的“内部的力量”即活力驱动着生物的进化，使之越来越复杂完善。活力论缺乏实际的证据，只是一种唯心的臆测。

⑦拉马克主义

拉马克主义，又称用进废退论，在活力论的影响下，最有名的活力论者就是法国生物学家拉马克。19世纪前期出现的终极目的论或直生论，认为生物进化有一个既定的路线和方向而不论外界环境如何变化。后人把拉马克对生物进化的看法称为拉马克学说或拉马克主义，其主要观点是：

（1）物种是可变的，物种是由变异的个体组成的群体。

（2）在自然界的生物中存在着由简单到复杂的一系列等级（阶梯），生物本身存在着一种内在的“意志力量”驱动着生物由低的等级向较高的等级发展变化。

（3）生物对环境有巨大的适应能力；环境的变化会引起生物的变化，生物会由此改进其适应；环境的多样化是生物多化的根本原因。

（4）环境的改变会引起动物习性的改变，习性的改变会使某些器官经常使用而得到发展，另一些器官不使用而退化；在环境影响下所发生的定向变异，即后天获得的性状，能够遗传。如果环境朝一定的方向改变，由于器官的用进废退和获得性遗传，微小的变异逐渐积累，终于使生物发生了进化。

拉马克学说中的内在意志带有唯心论色彩；后天获得性则多属于表型变异，现代遗传学已证明它是不能遗传的——拉马克“用进废退进化论”取材于现实观察，推论于进化遗传，它是“劳动创造人本身”的先声。现代遗传学所取材的观察实验既没有确定宏观进化的发生也不能确定后天获得性状不能遗传（说明词：“可能不会发生”）。进化论和遗传论两者的核心差异是：进化论认为，对生命来说，客观的环境外因和主观的生命内因的选择是互相影响的；遗传论则否定生命存在内因选择，是为避开进化论洪流而构建的另一种命由天定论。

### 2.2达尔文时期

1858年7月1日查尔斯·罗伯特·达尔文与阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士在伦敦林奈学会上宣读了关于进化论的论文。后人称他们的自然选择学说为达尔文·华莱士学说。

**一，主要观点**

达尔文在1859年出版的《物种起源》一书中系统地阐述了他的进化学说。达尔文自己把《物种起源》称为“一部长篇争辩”，它论证了两个问题：

第一，物种是可变的，生物是进化的。当时绝大部分读了《物种起源》的生物学家都很快地接受了这个事实，进化论从此取代神创论，成为生物学研究的基石。即使是在当时，有关生物是否进化的辩论，也主要是在生物学家和基督教传道士之间，而不是在生物学界内部进行的。

第二，自然选择是生物进化的动力。生物都有繁殖过盛的倾向，而生存空间和食物是有限的，生物必须“为生存而斗争”。在同一种群中的个体存在着变异，那些具有能适应环境的有利变异的个体将存活下来，并繁殖后代，不具有有利变异的个体就被淘汰。如果自然条件的变化是有方向的，则在历史过程中，经过长期的自然选择，微小的变异就得到积累而成为显著的变异。由此可能导致亚种和新种的形成。

**二，理论缺陷**

一般对进化论的批判在于认为其缺乏足够的化石证据解释不同物种之间的“过渡”，事1937年T.杜布尚斯基的《遗传学与物种起源》一书提供解决方法。

理论上，若鸟类为爬行动物进化而来，从爬行动物至鸟类必然出现“过渡物种”，爬行动物为冷血动物，鸟类的体温却常维持比一般生物更高的温度，中间的过渡物种如何平衡这样的生理差异，还只能猜测，借由到2015年为止，已发现大量的过渡物种化石，及孔夫子鸟和其他发现的化石证据显示不但鸟类和恐龙曾经并存很长一段时间，且有部分恐龙是温血动物，有种解释是鸟类和恐龙的祖先是在更早的时间点就进化出温血机制的蜥蜴（过渡物种），再借由这种温血蜥蜴进化出部分温血的恐龙而后进化出鸟类。诸如此类的“进化先后”及“过渡物种”的问题有很多，且大部分没有得到解决。主要原因在于大部分预言中的过渡物种都没有找到完整化石，包括与人类祖先关系密切的南猿和古猿及古类人猿和直立行走的猿人之间的完整过渡化石。

根据模拟，生物进化中由“有机物到单细胞原核生物”和由“简单的多细胞生物到复杂的进行了细胞分化的多细胞生物”两个瓶颈难以被突破。而且，有一篇研究报告《生物没有时间等待》指出，撇开这两大问题不谈。由单细胞生物开始以“基因的有利突变”方式进化至比灵长类低的生命形式需要近120亿年的时间，所以此报告认为进化过程不可能是在地球上全部完成的，这个观点因“现代综合进化论”的遗传应用的根本缺陷而产生，否定获得性状可以遗传的“现代综合进化论”无法解释一致性持续突变及相关的进化速率问题。

由于达尔文的经典进化论具有极大的局限性，二十世纪的科学家对达尔文进化论进行了大刀阔斧的增加与修改，逐渐形成了现代进化论体系

### 2.3 孟德尔时期

1865年奥地利植物学家G.J.孟德尔从豌豆的杂交实验中得出了颗粒遗传的正确结论。他证明遗传物质不融合，在繁殖传代的过程中，可以发生分离和重新组合。

20世纪初遗传学建立，T.H.摩尔根等人进而建立了染色体遗传学说，全面揭示了遗传的基本规律。但把遗传学说用在进化论上，会导向种族、血统决定论，所以当时大多数遗传学家，都反对含有进化意义的达尔文自然选择学说（摩尔根反对的是达尔文的性选择学说Sexual selection）。

### 2.4 现代理论

20世纪20～30年代首先由R.A.费希尔、S.赖特和J.B.S.霍尔丹等人将生物统计学与孟德尔的颗粒遗传理论相结合，重新解释了达尔文的自然选择学说，形成了群体遗传学。

以后C.C.切特韦里科夫、T.多布然斯基、J.赫胥黎、E.迈尔、F.J.阿亚拉、G.L.斯特宾斯、G.G.辛普森和J.W.瓦伦丁等人又根据染色体遗传学说、群体遗传学、物种的概念以及古生物学和分子生物学的许多学科知识，发展了达尔文学说，建立了现代综合进化论。 [5]

现代进化理论认为，进化是生物种群中实现的，而突变、选择、和隔离是生物进化和物种形成过程中的三个基本环节。现代综合进化论彻底否定获得性状的遗传，强调进化的渐进性，认为进化是群体而不是个体的现象，并重新肯定了自然选择的压倒一切的重要性，继承和发展了达尔文进化学说。

根据新的观察发现，遗传变异来源于DNA损伤，而DNA损伤修复中有一种直接跨过DNA损伤进行合成的特殊的DNA聚合酶被称为跨损伤合成聚合酶，如果修复中DNA遗传信息产生变异，则必然与此酶蛋白遗传信息相关。

遗传与变异是矛与盾的对立面，遗传存在于DNA复制，属于遗传复制经验总结的中心法则不能越界论定变异方面的如DNA损伤中蛋白质信息逆传递问题，“现代综合进化论”对获得性状遗传的“彻底否定”不成立。与环境适应性相关的进化速率的渐进与跃变、进化的群体性等各方面，更符合生物史地质史的是获得性状可以遗传的拉马克进化观。

最近，有学者对现代各种进化论进行了综合，提出了进化“四因说”，认为基因是遗传的质料，基因组储存了生命形成的原则（形式），个体在初生动因（太阳光能）和次生动因（遗传的、生理的、生态的）的联合驱动下，通过求生（一种次生的目的性），推动着种族的延绵与分化。进化是以无数个体生命为载体的一种生命运动，它也是一种物质运动形式，虽然比物体的物理学运动要复杂的多。生命存在的实体——个体是质料、形式、动因和目的的统一，其自身是多种生命层次运动的复合，也是诸多类型运动的复合，这些进一步形成了种族的生命运动——演化或进化。

## 3 理论内容

**1.种群是生物进化的基本单位。**生物进化的基本单位是种群，不是个体。种群是指生活在同一区域内的同种生物个体的总和。一个物种通常包括许多分布在不同地点的种群。每个种群中的个体具有基本相同的遗传基础，但也存在一定的个体差异，所以种群一般具有杂种性，杂种性的存在意味着等位基因的存在。一个种群中能进行生殖的生物个体所含有的全部基因，称为种群的基因库。其中某一基因在它的全部等位基因中所占的比率，称为基因频率。种群的基因频率若保持相对稳定，则该种群的基因型也保持稳定。但在自然界中种群基因频率的改变是不可避免的，于是基因型也逐渐变化。

**2.突变为生物进化提供材料。**突变引起的基因频率的改变是普遍存在的。诚然，突变发生的自然频率是相当低的，例如改变染色体数目（降低后代繁殖率）的染色体平衡易位（罗伯逊易位或罗氏易位）在人类的发生律只有1/500～1/1000，种群是由大量的个体组成，每个个体具有成千上万基因，这样，每一代都会产生大量的变异。突变的结果可形成多种多样的基因型，使种群出现大量可遗传变异。这些变异是随机性的，不定向的，能为生物进化提供原料。但突变大多有害，这是理论难以解释的。

**3.自然选择主导着进化的方向。**突变的方向是不确定性的，一旦产生，就在自然界中受到选择的作用。自然选择不断淘汰不适应环境的类型，从而定向地改变种群中的基因频率向适应环境的方向演化。自然选择不断地调整着生物与环境的关系，定向地改变种群的基因频率。那么，自然界又如何将改变了的基因频率在种群中相对固定下来，进而形成新的适应于环境的生物类型呢？

**4.隔离是物种形成的必要条件。**隔离使不同物种之间停止了基因交流，一个种群中所发生的突变不会扩散到另一个种群中去，使不同的种群朝不同的方向演化。隔离一般分为地理隔离和生殖隔离两类。地理隔离是由于某些地理障碍而发生的。大河、大山、沙漠、海峡和远距离都能将种群阻隔开来，使他们之间彼此不能往来接触，失去了交配的机会。长期的地理隔离使两个种群分别接触不同的环境，各自积累了变异。另一方面，长期的地理隔离使相互分开的种群断绝了基因交流，结果导致了生殖隔离。生殖隔离是指进行有性生殖的生物彼此之间不能杂交或杂交不育。生殖隔离又可分为受精前的生殖隔离和受精后的生殖隔离。生殖隔离一旦形成，原来的一个物种的种群就变成两个物种的种群了。

## 4 理论缺陷

达尔文达尔文的进化理论，从生物与环境相互作用的观点出发，认为生物的变异、遗传和自然选择作用能导致生物的适应性改变。它由于有充分的科学事实作根据，故能经受住时间的考验，百余年来在学术界产生了深远的影响。达尔文的进化理论还存在着若干明显的弱点：缺少了进化中有几种类型的基因驱动描述，包括基于归巢内切酶的基因驱动、性连锁减数分裂驱动、medea基因驱动和显性不足基因驱动。他们从不同的属性上描述了这些基因驱动，包括扩散速率、物种特异性、适合度代价（fitness cost）、抵抗易感性、可移除性和可逆性。这些都是进化生物学的数学描述

达尔文过分强调了生物进化的渐变性；他深信“自然界无跳跃”，用“中间类型绝灭”和“化石记录不全”来解释古生物资料所显示的跳跃性进化。传统进化论的这种观点正越来越受到间断平衡论者和新灾变论者的猛烈批评。

当时的生物学家对接受这一点犹豫不决，因为自然选择学说在发表时存在着三大困难。

**第一，缺少过渡型化石。**按照自然选择学说，生物进化是一个在环境的选择下，逐渐地发生改变的过程，因此在旧种和新种之间，在旧类和新类之间，应该存在过渡形态，而这只能在化石中寻找。在当时已发现的化石标本中，找不到一具可视为过渡型的。达尔文认为这是由于化石记录不完全，并相信进一步的寻找将会发现一些过渡型化石。确实，在《物种起源》发表两年后，从爬行类到鸟类的过渡型始祖鸟出土了，以后各种各样的过渡型化石纷纷被发现，最著名的莫过于从猿到人的猿人化石。如今被称为过渡型的化石已有上千种，与已知的几百万种化石相比，仍然显得非常稀少。这有两方面的原因。一方面，生物化石都是偶然形成的，因此化石记录必然非常不完全；另一方面，按照现代进化论体系所提出的“间断平衡”理论，生物在进化时，往往是在很长时间的稳定之后，在短时间内完成向新种的进化，因此过渡形态更加难以形成化石。

**第二，地球的年龄问题。**既然自然选择学说认为生物进化是一个逐渐改变的过程，它就需要无比漫长的时间。达尔文认为这个过程至少需要十几亿年。但是当时物理学界的泰斗威廉·汤姆逊（即开尔文勋爵，一个神创论者）用热力学的方法证明地球只有一亿年的历史，而只有最近的最多两千万年地球才冷却到能够让生命生存。对于物理学家的挑战，达尔文无法反击，只能说“我确信有一天世界将被发现比汤姆逊所计算而得的还要古老”。在现代物理学支持此下，如今的地质学界铀铅测年法计算出地球有四十几亿年的历史，而至少在三十亿年前生命就已诞生。在当时，在地球的年龄问题上，人们显然更倾向于相信物理学权威。

**第三，无法解释自然选择。**达尔文找不到一个合理的遗传机理来解释自然选择。当时的生物学界普遍相信所谓“融合遗传”：父方和母方的性状融合在一起遗传给子代。

## 5 社会影响

### **5.1 西方神权统治时期背景**

科学和各大宗教冲突自西方启蒙时代开始已经争闹不休，西方中世纪教会拥有极大的权力，政教是合一的。教会和皇权操控社会一切活动和个人生活细节。学术研究更加不能够逾越教会正统信仰的教导。基督教教会，包括天主教和宗教改革产生的宗派，相信人是神按神形象创造，人在一切创造物是至为尊贵的。因此，当时的人都是按照圣经的教导解释所有对自然现象的理解，教会传统教导是无误的，天文学﹑地理学﹑生物学、哲学等学科，都是教会权威，不可以挑战，学术的责任是发展知识服务教会﹑去支持教会和圣经无误的教导，这一点于启蒙运动和宗教改革后二者得以分离。

### 5.2 思想冲击

进化论给人文领域带来了一场颠覆性的革命，在达尔文之前，人们普遍认为人是万物之灵，并非自然界的一部分，而是超越了自然。例如犹太教及基督教神学把人看成上帝根据自己的形像创造出来的特殊作品，在世界万物中只有人才被赋予了灵魂，世界万物都是被创造出来为人服务的，人与其他动物存在不可逾越的鸿沟。达尔文指出，人类是生物进化过程中的偶然产物，大自然的产物。今天的一切生物都是人类的亲属，人类与其他生物特别是与类人猿并无本质的区别，我们认为人类特有的属性——例如智力、道德观等精神因素——都可在其他动物中找到雏形，也必定有其自然的起源。进化论推翻了人类自以为与其它动物不同的地位，人类和猿猴分享同一个祖先，这是难以令人接受的。对于信奉基督教的人士而言是无法接受的，这种思维直到世界性政教分离后才得以理性化。宗教带来的影响西方国家一些宗教团体认为演化论与创世理论有冲突，某些地区的学校甚至不开设演化论的课程，而一些地区开设演化论课程是与宗教团体妥协的结果。现代社会以美国为例，美国弗罗里达州规定必须在公立学校教授演化论，2005年法院以政教分离原则判进化论是科学理论，不得与宗教信仰混为一谈。2017年6月，土耳其推进教改，继中小学教材删除达尔文进化论、压缩国父凯末尔相关内容之后，土耳其教育部门宣布，停止高中阶段教学达尔文的生物进化论，称进化论是“有争议的且难以理解”，因为有穆斯林背景的学生认为世界万物是由真主安拉创造的。学校使用的标准生物教材中“生命的起源和进化论”这一章节将被删除。只有高等教育阶段的学生才能接触这些材料。

## 6 现代综合进化论基于达尔文进化论上的发展

达尔文进化论认为生物进化是匀速的，在解释一些问题上遇到了困难，比如2000万年间就发生了[寒武纪生命大爆发](https://baike.baidu.com/item/%E5%AF%92%E6%AD%A6%E7%BA%AA%E7%94%9F%E5%91%BD%E5%A4%A7%E7%88%86%E5%8F%91/0?fromModule=lemma_inlink)。寒武纪生命大爆发被称为古生物学和地质学上的一大悬案──[寒武纪生命大爆发](https://baike.baidu.com/item/%E5%AF%92%E6%AD%A6%E7%BA%AA%E7%94%9F%E5%91%BD%E5%A4%A7%E7%88%86%E5%8F%91/785574?fromModule=lemma_inlink)，自达尔文以来就一直困扰着进化论等学术界。大约6亿年前，在地质学上称做[寒武纪](https://baike.baidu.com/item/%E5%AF%92%E6%AD%A6%E7%BA%AA/74445?fromModule=lemma_inlink)的开始，绝大多数无脊椎动物门在只2000多万年时间内出现了。这种几乎是“同时”地、“突然”地在2000多万年时间内出现在寒武纪地层中门类众多的无脊椎动物化石（节肢动物、软体动物、腕足动物和环节动物等），而在寒武纪之前更为古老的地层中长期以来却找不到动物化石的现象，被古生物学家称作“[寒武纪生命大爆发](https://baike.baidu.com/item/%E5%AF%92%E6%AD%A6%E7%BA%AA%E7%94%9F%E5%91%BD%E5%A4%A7%E7%88%86%E5%8F%91/785574?fromModule=lemma_inlink)”，简称“寒武爆发”。

间断平衡理论完善了[达尔文](https://baike.baidu.com/item/%E8%BE%BE%E5%B0%94%E6%96%87/23890?fromModule=lemma_inlink)的进化理论，在此强调并不是对其造成了冲击。间断平衡理论对于进化中物种的“大灭绝”和“大爆发”提出了如下的解释：进化和新物种的产生不可能发生在一个物种主要群体所在的核心地区，只能发生在边缘群体所在的交汇地区。那里生存压力大，环境复杂，物种的变异容易遇到合适的环境，并且边缘的隔离作用使得变异可以累积和发展，进而成为[新物种](https://baike.baidu.com/item/%E6%96%B0%E7%89%A9%E7%A7%8D/6812547?fromModule=lemma_inlink)。“间断平衡”理论认为，生物的进化不像达尔文所言是一个缓慢的连续渐变积累过程，而是长期的稳定与短暂的剧变交替的过程，从而在地质记录中留下许多空缺。[澄江动物群](https://baike.baidu.com/item/%E6%BE%84%E6%B1%9F%E5%8A%A8%E7%89%A9%E7%BE%A4/244139?fromModule=lemma_inlink)的发现说明了生物的进化并非总是渐进的，而是渐进与跃进并存的过程。

作为20世纪最惊人的科学发现之一的中国云南澄江动物群，它是世界上目前所发现的最古老、保存最为完整的带壳后生动物群。

该动物群是中国青年古生物学家[侯先光](https://baike.baidu.com/item/%E4%BE%AF%E5%85%88%E5%85%89/0?fromModule=lemma_inlink)1984年在云南[澄江](https://baike.baidu.com/item/%E6%BE%84%E6%B1%9F/0?fromModule=lemma_inlink)县[帽天山](https://baike.baidu.com/item/%E5%B8%BD%E5%A4%A9%E5%B1%B1/0?fromModule=lemma_inlink)首先发现的。这是一个内容十分丰富、保存非常完美，距今约5.7亿年的[化石群](https://baike.baidu.com/item/%E5%8C%96%E7%9F%B3%E7%BE%A4/0?fromModule=lemma_inlink)，其成员包括水母状生物、[三叶虫](https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%89%E5%8F%B6%E8%99%AB/0?fromModule=lemma_inlink)、具附肢的非三叶的节肢动物、金臂虫、[蠕形动物](https://baike.baidu.com/item/%E8%A0%95%E5%BD%A2%E5%8A%A8%E7%89%A9/0?fromModule=lemma_inlink)、海绵动物、[内肛动物](https://baike.baidu.com/item/%E5%86%85%E8%82%9B%E5%8A%A8%E7%89%A9/0?fromModule=lemma_inlink)、[环节动物](https://baike.baidu.com/item/%E7%8E%AF%E8%8A%82%E5%8A%A8%E7%89%A9/417666?fromModule=lemma_inlink)、无绞纲腕足动物、软舌螺类、开腔骨类，以及[藻类](https://baike.baidu.com/item/%E8%97%BB%E7%B1%BB/0?fromModule=lemma_inlink)等，甚至还有属于低等脊索动物或半索动物(如著名的[云南虫](https://baike.baidu.com/item/%E4%BA%91%E5%8D%97%E8%99%AB/0?fromModule=lemma_inlink))等。由于许多动物的[软组织](https://baike.baidu.com/item/%E8%BD%AF%E7%BB%84%E7%BB%87/0?fromModule=lemma_inlink)保存完好，为研究早期无脊椎动物的形态结构、生活方式、生态环境等提供了极好的材料，同时也成为了探索地球上大壳后生动物爆发事件的重要窗口。