

IMPROBABLE DESTINIES

不可思议的 生命

[美] 乔纳森·B. 洛索斯 著
(Jonathan B. Losos)

何继伟 译

进化的命运、时机和未来

中信出版集团

不可思议的 生命

[美] 乔纳森·B. 洛索斯 著
(Jonathan B. Losos)

何继伟 译

进化的命运、时机和未来

图书在版编目 (CIP) 数据

不可思议的生命 / (美) 乔纳森·B. 洛索斯著; 何继伟译. -- 北京: 中信出版社, 2019.6
书名原文: IMPROBABLE DESTINIES
ISBN 978-7-5217-0302-3

I. ①不… II. ①乔… ②何… III. ①生命科学—普及读物 IV. ①Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 057196 号

Improbable Destinies

Copyright © 2017 By Jonathan B. Losos

Simplified Chinese Translation copyright © 2019 by CITIC Press Corporation

All RIGHTS RESERVED

本书仅限中国大陆地区发行销售

不可思议的生命

著 者: [美] 乔纳森·B. 洛索斯

译 者: 何继伟

出版发行: 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

承 印 者: 北京楠萍印刷有限公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32

印 张: 10.75 字 数: 256 千字

版 次: 2019 年 6 月第 1 版

印 次: 2019 年 6 月第 1 次印刷

京权图字: 01-2019-2206

广告经营许可证: 京朝工商广字第 8087 号

书 号: ISBN 978-7-5217-0302-3

定 价: 58.00 元

版权所有·侵权必究

如有印刷、装订问题, 本公司负责调换。

服务热线: 400-600-8099

投稿邮箱: author@citicpub.com

像许多孩子一样，我有段时间也曾非常迷恋恐龙。幼儿园时代的我是个传奇人物，每天都会拎着一整篮子各式各样的塑料恐龙向大家炫耀一番：异特龙、剑龙、甲龙、霸王龙等。那个时候的我至少拥有 20 种以上的恐龙玩具。当然，今天孩子们的玩具箱里可能远不止这些。

不过，和多数孩子不同的是，我至今仍沉迷其中。我仍然有许多心爱的恐龙玩具，而今尤甚。我还能记得它们的名字，甚至能清晰地拼出诸如“副栉龙”的发音。但我的兴趣已经转移到更宽泛的爬行动物身上了，例如蛇、龟、蜥蜴和鳄鱼等。

这种转变在很大程度上源于一部名为《天才小麻烦》（*Leave It to Beaver*）的电影，其中一段情节令人印象深刻，沃利和比弗邮购了一只小鳄鱼，并把它藏在了浴室中。结果可以想见，当管家密涅瓦发现它的时候，一场欢闹就开始了。当我知道那时候（20 世纪 70 年代早期）宠物商店里有卖幼年凯门鳄（一种在中美洲和南美洲生存的鳄鱼）后，我欣喜若狂，便苦苦央求母亲养一条。幸运的是，她并没有随意否定我的

想法，而是建议我们联系一位远房亲戚——在圣路易斯动物园任副主任的查理·赫赛尔，希望他能够挫败我的“妄想”。那段时间，每天当我父亲下班回家时，我便跑去问他：“你今天和赫赛尔先生聊了吗？”坦率地说，我天生没什么耐心（更别说当时只有10岁）。这件事随着时间的流逝，让我从烦躁到懊恼，再到生气。我在想问题出在哪儿？因为父亲并没有简单地和对方电话沟通，而是选择坚持要与赫赛尔在会议中见面时再提及此事。可是如果两人永远没有见面的机会怎么办？就在我想要放弃希望时，有天晚上父亲回到家告诉我，他已经和赫赛尔先生沟通过了。我充满希望却又紧张、坐立不安地问他：“结果如何？”结果让我异常兴奋，赫赛尔先生认为这个想法很棒，他当年就是以相同的方式对爬行动物产生了浓厚的兴趣！^① 我的母亲因此无话可说了。接下来，我家的地下室很快就被各种爬行动物占领。事实上，从那时起，我已悄然踏上了自己的职业生涯。

在我照料这些带鳞生物的同时，我还是美国纽约自然历史博物馆出版的月刊《自然历史》的忠实读者。我认为每期杂志的亮点是由学识渊博的哈佛古生物学家斯蒂芬·杰·古尔德所撰写的《生命观》专栏。专栏的标题源于达尔文的《物种起源》。这个专栏呈现了古尔德关于进化过程的一些怪异思想，常常强调不确定性和不可预知性的进化。在古尔德优美的文笔下，历史、建筑甚至棒球等各种小插曲夹叙其间，他用引人入胜的事例向人们展示他的世界观。

当我于1980年被哈佛大学录取时，我急切地想要学习古尔德的选修课程“地球和生命的历史”。他太让人着迷了，我感觉他本人比他在

^① 主要是两栖动物和爬行动物的研究。

出版物中的形象更有吸引力。但给我印象最深的教员是厄内斯特·威廉姆斯，他是哈佛比较动物学博物馆两栖动物和爬行动物馆的馆长（目前这个职位由我担任）。他虽然是一位上了年纪的古板科学家，但是却非常欢迎年轻人培养对于爬行动物的兴趣。不久我就发现，我研究的一个特殊种群的蜥蜴原来早就成了他工作生活的重点。

镜头下的变色龙蜥蜴总是显得娇小可爱，它们时而变为绿色，时而变为棕色，脚趾上有黏垫，喉咙下色泽绚丽的皮肤上有伸缩性的皮瓣。但真正让它们在科学家圈子里声名鹊起的是它们惊人的进化能力。目前已经确认物种的就有 400 多种，并且这个数目还伴随着每年的新发现而不断增加，由此安乐蜥属成了脊椎动物最大的属之一。许多具有繁杂种属的物种都有一个共同的特点，物种多样性的丰富度往往与区域的富饶度，以及局地的自然环境有着密切的关系，多数物种都局限于单独的岛屿或者如美洲热带大陆的局部地区。

20 世纪 60 年代，威廉姆斯的研究生斯坦兰德撰文记叙了不同种群的变色龙适应不同的栖息环境而共生的情况。一些变色龙可以生活在高高的树上，而另一些则栖息在草丛中或者细小的枝杈上。威廉姆斯的过人之处就在于他意识到这种对于栖息地的适应情况可能会在大安的列斯群岛 [古巴、伊斯帕尼奥拉（海地）、牙买加和波多黎各等] 的每个岛屿上同时发生。也就是说，蜥蜴进化的多样性是独立的，它们在上述提及的这些岛屿的栖息地中也几乎是在同步进化的。

作为一名大学生，我只参与了这个故事中很小的一部分，我主持了一个关于多米尼加共和国两个物种相互作用的荣誉研究项目。毕业后，我前往加利福尼亚州参加了一个博士项目，并且发誓再也不从事蜥蜴方面的研究了，因为我觉得所有重要的东西都已经被威廉姆斯和他的实验

室发现了。

只叹我当时是多么年少无知啊！任何人都知道，成功的科学项目往往是回答了一个问题，却会产生三个新的问题。在经历了两年的研究生学习时光，以及一系列失败的项目后，我最终才明白，岛上的这群变色龙才是研究物种进化多样性如何发生的最佳实验对象。

因此，我花了4年的时间遍历加勒比海，爬树、捉蜥蜴，偶尔还品尝一下飘香怡人的 *piña colada*（椰林飘香，一种由朗姆酒、菠萝汁和椰子汁制成的鸡尾酒）。我最终发现，即便是利用最新的分析技术，威廉姆斯的有关论断也完全正确。生理和解剖结构相似的物种在不同的岛屿上确实是各自独立进化的。而关于蜥蜴如何跑、跳、攀爬，我从生物力学的角度进行了研究，并发现了生理结构变异的适应基础，从而解释了为何在特定的栖息环境下，物种会演化出诸如长腿或者大趾垫这样的特征。

当《奇妙的生命：伯吉斯页岩中的生命故事》（下文简称《奇妙的生命》）——这部可以说是斯蒂芬·杰·古尔德最伟大的作品——出现在书店的时候，我的论文还未完成。我如饥似渴地读着这本著作，觉得当中的论断十分令人信服。古尔德认为，进化的道路是离奇又难以预测的，重放生命这盘“磁带”，你就可能得到一个完全不同的结果。

不过我们在这里稍微停下来想一想，古尔德认为倒退时间和重放生命进化“磁带”的想法是不可能实现的（至少实际上是这样），但另一种测试进化重复性的方法是在多个地方播放相同的“磁带”。在加勒比群岛上，始祖变色龙的繁殖方式，本质上不都是一样地在重放生命的“磁带”吗？假设这些岛屿有或多或少相同的环境，这不就是进化重复性的检验吗？

的确如此，于是我发现自己陷入了一道智力难题。古尔德坚信进化不会重演，但我自己的研究表明，进化确实重演了。究竟是古尔德错了，还是我的研究成果以某种形式证明了这条规则的例外情况？我选择了后一种解释，接受了古尔德的观点，即使我自己的研究成果因此成了一个反例。

过去的25年里，古尔德的这一观点被不断挑战。一些观点与古尔德对不可预测性和不可重复性的强调形成了鲜明的对照。这些观点强调了适应性趋同进化的普遍性：生活在相似环境中的物种将进化出相似的特征，以适应它们所面对的共同的自然选择压力。我对安乐蜥的研究就是这种趋同性结果的一个例子。这种观点的支持者认为，趋同性表明了进化并不是怪异和不确定的，相反，它其实是可以被预见的：在自然界中谋生的方式是有限的，所以自然选择一次又一次地推动着有相同特征的进化。

自从《奇妙的生命》出版以来，进化生物学有了长足的进步，我也获得了博士学位。这期间各种新的想法、新的方法和新的数据收集方式不断地出现。研究进化的科学家数量也大大增加了。我们已经破译了基因组，绘制了生命树，了解了不断变化的微生物。一些壮观的化石的发现澄清了进化的许多历史问题。

有太多的实例和数据表明了进化的可预见性。我们对于这个星球上的生命的历史了解得越多，就会看到更多这种趋同行为的发生，非常相似的演化结果总在不断地重复发生。我的变色龙研究并不是个例外，古尔德的法则受到了更多的质疑。

但我们现在知道，除了记录历史上发生的事情，我们还有其他研究进化的方法。我们现在可以做到让进化的过程在我们眼前发生，从而

展开相应的研究。也就是说，我们可以利用实验的方法实现生命的“倒带”，这是实验室科学用来解决进化预测性问题的标志。

实验是研究进化的一种有力工具。实验过程也充满了各种乐趣。这可能会让你想起高中时期化学课堂上做的各种实验。将各种化学试剂在烧杯中混合后倒入试管中，这个过程并不总是令人愉快的，至少对我来说是这样。但是，当你的试管是巴哈马群岛而你的试剂是各种蜥蜴的时候，情况就完全不同了。当然，有时候太阳是毒辣了点儿，而且没有什么比抓不到一只重要的蜥蜴而更让人沮丧的了，可能因为当时恰巧游过了一只海豚，分散了你的注意力。但实验性进化是进化生物学的前沿领域，它能够让我们在真实的大自然中，在真实的时间里，真实地检测我们关于进化的种种想法。还有比这更让人兴奋的吗？现在进化实验遍及全世界——从特立尼达的山地雨林到内布拉斯加的沙丘，再到大不列颠哥伦比亚省的池塘，这些地方让我们可以更直观地探究进化预测的可能性。

没错，我再次成了一名研究生。不得不说这是一个成为进化生物学家的辉煌时代。这是一个黄金年代。我们可以运用各种工具，从基因测序到野外实验，终于可以回答 20 世纪那个困扰人们已久的难题了。

围绕正在开展的工作，我准备着手写一本书，书中试图回答这样一个问题：进化究竟如何预测？但当我开始写的时候，我发现书中有太多的内容已经不是目前的科学能够解答的了。科学知识并不是偶然出现的，而是科学家们辛勤努力工作，利用他们的创造力和洞察力去了解自然界的结果。而这也正是研究进化预测性的那群人特别令人着迷之处。

正因如此，本书不单单描述了我们对于进化的了解，还告诉了我们应该怎样去认识我们所了解的这些内容。书中不光有对相关科学理论

和技术的论述，还告诉了人们重要思想和理论的来源——研究者们是如何思考问题的，他们在野外实验中经受了怎样的磨炼，有多少科学发现就是由完全不同的想法的偶然碰撞而带来的意想不到的结果。此外，他们所研究的看似深奥的学术问题，实际上对我们理解我们自己在宇宙中的地位，以及我们周围的生物如何应对变化的世界都是至关重要的。因此，本书讲的是一个关于人与环境、动物与植物、重大问题和哲学命题的故事。怀着我对自然界的热爱，故事就这样开始了，一如那个迷恋恐龙的小男孩。

恐龙当家

皮克斯的动画电影《恐龙当家》(The Good Dinosaur)预告片伊始,呈现了一条布满各种大小圆石块的小行星带。这时,一颗小行星穿越岩石堆,撞向另一颗小行星,接着,被撞的小行星又连锁反应式地撞向第三颗,并把它撞向了更远的太空,朝着远方的目标奔去。随着远方目标的不断变大,其身形也愈发明显:这是一颗散布着块块绿色和缕缕白色的蓝色星球。这时,旁白开始吟诵:“数百万年前,一颗直径为6英里^①的小行星摧毁了地球上所有的恐龙。”然后我们就看到画面中的小行星冲入了大气层,变成了耀眼的橘红色。

接下来发生的事情你可能都知道了:小行星撞击了墨西哥湾,引发了全球的大地震,北半球的森林瞬间变成了一片火海,遮天蔽日的尘埃笼罩了数月。恐龙和其他一些生物没能躲过这场浩劫。这真是令人悲伤的事情。很显然,皮克斯这次展现了不同以往的灰暗场景,这是一出悲剧,以大型爬行动物的灭绝告终。

① 1英里约为1609.34米。——编者注

各位，结论先别下得太早。

预告片中响起了一个声音：“但如果是另一种情况呢？”画面中的一颗小行星划过白垩纪的天空，正在食草的庞然大物们——鸭嘴龙，还有那些蜥脚类恐龙惊慌地抬头张望着，但是它们很快又恢复了悠闲的状态，不紧不慢地将满嘴的碎叶送入肚中。有惊无险！小行星只是一闪而过，没有带来致命的撞击，生活一如往常，恐龙们享受美食的日子还在继续。

是啊，如果撞击事件没有发生会是怎样？我想我很清楚电影预告片中所假设的情况的答案。6 600 万年前，恐龙是地球的主宰，它们统治这个世界已经超过 1 亿年了。若不是这颗小行星，恐龙可能仍继续统治着全世界：雷克斯龙、三角龙、迅猛龙、甲龙等都会幸存下来。新生的恐龙物种会不断地演化，取代老的物种。千变万化的恐龙大军随着时间的河流不断地行进。恐龙很可能至今仍然横行在这个星球上。

如果真是这样，那么今天谁不会出现在这个世界上？对，是我们自己。尽管我们哺乳动物大约在 2.25 亿年前就开始进化，和恐龙几乎处于同一时期，但在我们祖先开始出现的 1.6 亿年间，我们的数量并不算多。关于这一点，恐龙也很明白。那时，我们毛茸茸的祖先可以说是地球上整个生物圈最微不足道的了，它们看起来甚至比最小的恐龙还要小，经常在夜间出没，以防碰见爬行类宿敌。它们在草丛里乱窜，吃掉它们能找到的任何食物。如果你把自己想象成一只负鼠的话，那么你就会对我们白垩纪时期“亲戚们”的形象和生活方式有很好的把握，但实际上它们可能会比想象中更小一点儿。

这里要澄清一下，并不是说在小行星灭绝了恐龙之后，哺乳类大军才争取到了进化的机会——虽然我们的确很好地把握住了这个机会：迅速地繁殖以填补空虚的生态圈，将过去的 6 600 万年化作辉煌的哺乳动

物时代。关于这一点，我们还真的要好好感谢一下那颗小行星。

无论是科学家还是门外汉都曾经认为哺乳动物的崛起是不可避免的，因为哺乳动物天生就比那些爬行类动物优越，这要归功于我们强大的大脑，以及我们的机体所产生的能量。这种想法确实盛行了一段时间，但是我们最终还是取代了恐龙，也许是它们的蛋都被吃掉了从而导致了它们的灭绝，或者是我们向它们展示了我们的厉害。

现在，我们都知道了这些纯粹是无稽之谈。有一小部分哺乳动物在中生代就开始进化。恐龙们在 6 600 万年前的日子仍然很好，它们的统治地位无论如何也不会受到脚下这些“害虫”的威胁。如果没有小行星，快乐悠闲的日子仍会继续下去，爬行动物间的各种阴谋诡计还会不断地上演，新的物种进化，另一些物种走向消亡，它们还会存在数百万年。没有理由使我们相信哺乳动物能够从这些阴影里走出来，成为生态系统的主要参与者。因为恐龙就在这里，它们已经占尽资源并填补了生态圈，只有在它们都消失了之后，我们的进化才会有转机。

没有小行星，就没有大灭绝，就没有哺乳动物的繁衍昌盛，也就没有你和我。所以电影预告片的最初几分钟让我兴奋不已。皮克斯制作了一部关于恐龙的电影，它告诉了人们如果小行星只是掠过地球，那么我们的世界将会变得完全不同。预览了 45 秒之后，我就知道这部电影会获得成功。

预告片接着播放，一只雷克斯龙追逐一群食草动物，从而引发了一场骚乱，身形巨大的食草动物、雷龙^①和三角龙乱作一团，这种情况在

① 恐龙纯粹主义者可能会注意到，雷龙这个名字在很久以前就被废弃了，因为一些奇怪的科学原因而被“阿帕托龙”这个名字所取代。我对那些煞风景的人说：“哈哈！由于新的科学发现，雷龙这个名字在 2015 年被重新命名了。”

中生代经常发生。起先我并没有在意，后来忽然发现，这群野兽中有一些看起来更像是有着毛发和大角的野牛。接下来画面转移到一只雷龙的头顶，那里坐着一个人类的孩子！

如果小行星真的只是与地球擦肩而过，那么当时的哺乳动物正在干什么呢？毕竟这只是皮克斯的一部动画电影而已，它允许人们有一些自由发挥的空间（比如恐龙都在说英语），但是雷龙、野牛及人类的孩子真的可以同时存在吗？有任何科学依据吗？如果恐龙没有灭绝，哺乳动物的世界真的会更加多元化吗？真的会出现野牛甚至我们人类吗？在恐龙时代，哺乳动物也有它们的生存空间，尽管只是杂草中的狭小空间，它们在那里也生存了数百万年。不管怎么说，有没有一种可能，就是在那段时间之后，即便是大型爬行动物的统治仍然没有改变，哺乳动物也迅速进化并繁盛起来。

根据英国古生物学家西蒙·康威·莫里斯的研究成果，这种可能性是存在的。恐龙是爬行动物，也很喜欢热。它们的低代谢率并没有产生太多额外的热量。当外部环境很暖和的时候，它们可以从周围的环境中获得热量，必要时可以站在阳光下补充热量。恐龙王朝是由长期的全球变暖所促成的，在这段时期，世界上大部分地区都是热带，对爬行动物来说是段美好的时光。

但康威·莫里斯指出，气候条件在3400万年前开始发生变化。世界变得更冷了。最终，冰河世纪来临，冰川开始蔓延，世界上绝大部分地区变得寒冷无比。也正是这个原因，在今日的极南或极北地区，你便看不到爬行动物了，因为气候太过寒冷。康威·莫里斯认为，即使恐龙尚存，全球性的气候冷却也会使得哺乳动物“大爆发”，从而叩开它们进化的大门。最终恐龙将不得不离开高中纬度地区而撤回赤道两侧的热

带地区，这给了哺乳动物进化的机会。

让我们顺着莫里斯的幽默想下去，并假定他设想的情况都是正确的。哺乳动物开始多样化，逐渐取代恐龙长期占据的生态位置，前者的形体变大，物种也变得更加丰富。也许，让物种繁盛的冰河世纪真的造就了哺乳动物时代，其重要性和壮观程度不亚于小行星的诞生。

但这和我们现在的哺乳动物时代一样吗？会有大象、犀牛、老虎、食蚁兽这些物种吗？在这种生态环境下是否会产生完全不同的动物物种？我们从来都没有见过这些物种，它们用不同的方式填充着生态圈，瓜分着这个世界的资源。或者，我们更进一步探究，我们自身会进化出来吗？是否真的会出现人类的孩子坐在皮克斯动画中那只雷龙头顶的景象？

康威·莫里斯斩钉截铁地告诉大家：“是的，很有可能。”对于他的理论阵营中的科学家们来说，进化是确定的、可预测的，并且一次又一次地遵循同一个过程。他们认为，原因就在于世界上只有这么多谋生之道。对于环境所造成的每一个问题，都存在一种最优的生存解决方式，引导自然选择不断地产生相同的进化结果。

为了证明这点，他们提出了趋同进化理论，即物种独立进化却产生相似特征的现象。如果用有限的方式来适应特定的环境，那么我们期望相似环境下的物种能够趋同地进化出相同的适应性，而这一切确实正在发生。正是这个原因，海豚和鲨鱼看起来十分相似，它们进化出相同的身形以便在水中快速地追逐猎物。章鱼和人类的眼睛几乎没有区别，因为两者的祖先为了探寻和聚焦光线而进化出了相同的器官。正如我们所看到的那样，进化的趋同性现象在一次又一次地上演。康威·莫里斯和他的同事们认为这种现象是普遍存在的，也是不可避免的，这也让我们预测进化如何展开成为可能。一个后哺乳动物大爆发时代是怎样的一幅

画面，康威·莫里斯认为：“从活跃、敏捷的哺乳动物树栖类猿²到最终类人形态的出现都会推迟，但是不会消除……如果没有白垩纪末小行星的撞击……人类的出现可能还会推迟大约3万年。”换句话说，皮克斯提供了人类婴孩和雷龙在一起的温柔“土壤”。

接下来让我们讨论得更深入一点儿。即使哺乳动物会永远地生存在阴影中，会有一个像我们一样的物种从其他祖先的谱系中进化而来吗？如果趋同性真的是不可避免的，而特定环境的驱动力又十分苛刻，那么我们就没有理由相信哺乳动物的崛起是一个先决条件。一个大脑袋、双足、双眼朝前，能够用前臂操作工具的高度社会化的物种可以从其他物种的祖先进化而来。但它如果不是来自哺乳动物，又究竟会来自哪里呢？

要想回答这个问题，只需要让《恐龙当家》中的好恐龙变成坏恐龙就可以了。尤其是迅猛龙，这个《侏罗纪公园》中的恶棍（然而20年后，在《侏罗纪世界》的救赎故事中，它又成了英雄），让我们把话题引向了智慧层面。这些狡猾的爬行动物如团队一般密切协作，和经验丰富的老猎手机智周旋，甚至还想出了怎样用只有3根指头的爪子打开大门。它们拥有双腿，以视觉为导向，这些听起来是不是很耳熟？

除了个别地方，《侏罗纪公园》对于迅猛龙的描绘还是相当准确的。^①当然，我们并不知道它们有多聪明，但它们确实有很发达的大脑。一些古生物学家推测，它们可能有着社会化的群居的习性，在协作捕猎方面

① 然而，事实上这种生物是以恐爪龙的近亲为原型塑造出来的。电影与现实之间的一个主要差异是迅猛龙站立时可能不足3英尺（1英尺为30.48厘米）高。然而在《侏罗纪公园》上映后不久，古生物学家在一部小说中描述了迅猛龙的另一个表亲“犹他盗龙”，在电影中它和猛禽差不多大。

和狮子或狼非常相像。如果你正在找寻类人动物进化的源头，那么迅猛龙似乎是个不错的选择。

在 20 世纪 80 年代初，加拿大古生物学家戴尔·罗素³开展了一系列的研究。他研究了迅猛龙的近亲——名为伤齿龙的一种小型兽脚类恐龙，这种恐龙也生活在白垩纪末期。和其他恐龙比起来，伤齿龙有着与其体形相匹配的最大的大脑，大脑尺寸和犰狳或珍珠鸡的大脑一致。换句话说，这些爬行动物并不是天才，但它们也不是完全无知的。罗素指出，在亿万年的漫长时光里，动物们进化出了更大的大脑。还有一个事实是，拥有最大大脑的恐龙生存在它们即将终结的时代，这也暗示了恐龙在当时正经历着大脑尺寸不断增大的进化趋势。罗素问，如果小行星没有使它们灭绝，会发生什么事？如果伤齿龙的大脑在自然选择的驱动力下不断变大，那么它们的后代会如何进化？

罗素经过一系列的逻辑推断，预测了伤齿龙的后裔在现代的一种可能的长相：大大的脑壳里容纳了更多的脑组织，面部区域相对缩小，沉重的脑袋置于躯体的顶部更有利于维持平衡，而这反过来又促成了直立的站姿，这意味着不再需要一条尾巴来配重原本前倾的上半身。再加上一些合理的想象，为直立行走配上所需的最好的肢体和关节组织，快瞧瞧，这可以称得上“恐龙人”了吧！一个绿色的、满身附着鳞片的生物，从屁股到指甲，都与人类看起来何其相似！

要知道，罗素一开始并没有打算探究恐龙是如何进化成人形的。相反，他的目标是思考自然

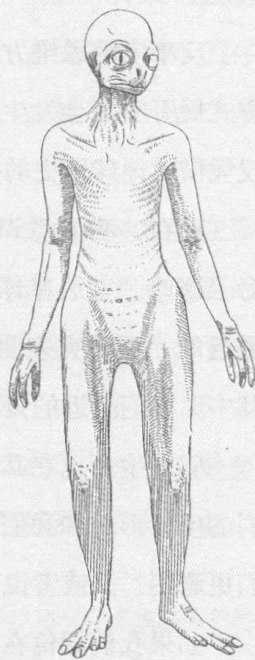


图1 “恐龙人”