



我们为什么没有  
绿色头发

畅销书  
《疯狂人体进化史》  
作者史钧 全新力作

**每一种生命  
都有自己的色彩，  
背后的进化逻辑很烧脑**

“罗辑思维”创始人  
罗振宇赞赏的优秀科普作家


人类为何没有绿色头发  
答案绝对超出你的想象

# 生命的色彩


我们为什么没有绿色的头发

史钧


著



生





命



的

我们为什么  
没有绿色的  
头发

史 钧 著  
重庆出版集团  重庆出版社



色



彩



---

图书在版编目（CIP）数据

生命的色彩：我们为什么没有绿色的头发 / 史钧著. — 重庆：  
重庆出版社, 2021.1  
ISBN 978-7-229-15274-1


I. ①生… II. ①史… III. ①进化论—普及读物  
IV. ①Q111-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2020）第183605号


---

**生命的色彩：我们为什么没有绿色的头发**

史钧 著

出品： 华章同人  
出版监制：徐宪江 秦 琥  
策划编辑：陈 丽  
责任编辑：陈 丽  
责任印制：杨 宁  
营销编辑：史青苗 刘晓艳  
装帧设计：潘振宇 774038217@qq.com

---

 重庆出版集团 出版  
重庆出版社

（重庆市南岸区南滨路162号1幢）

投稿邮箱：bjhztr@vip.163.com

三河市九洲财鑫印刷有限公司 印刷

重庆出版集团图书发行有限公司 发行

邮购电话：010-85869375/76/77转810

 重庆出版社天猫旗舰店  
cqcbcs.tmall.com

全国新华书店经销

---

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：16.5 字数：240千

2021年1月第1版 2021年1月第1次印刷

定价：45.00元

---

如有印装问题，请致电023-61520678

版权所有 侵权必究

?



引言

我们  
为什么  
没有  
绿色的  
头发



有一天傍晚我偶然路过上海外滩，当时晚霞满天，水清浪白的黄浦江江边人流如潮，不时有人停下来摆出各种姿势拍照。在熙熙攘攘的人群中，我看到一个扎着羊角辫的小女孩仰起小脸，用脆生生的声音问：“妈妈，我们为什么没有绿色的头发？”

小女孩的问题穿过嘈杂的人群，如同清泉流过砂石，抵达我的耳朵，让我百感交集。可惜当时我有事在身，没来得及听到那位母亲的回答，便大步流星地走开了。后来，小女孩的问题一直在我的脑海中盘旋。她的问题看似天真而幼稚，内核却复杂而有深度，就像一口幽深的千年古井，只要你愿意探究，就可以挖掘出无数的历史典故。

不必费心观察，你也能发现每个人的头发颜色各不相同，有黑色、灰色、黄色、棕红色、银白色等，但有意思的是，正如小女孩所说的那样，就是没有绿色。

提出问题、解决问题、总结规律，一直是科学研究的经典套路，提问的过程就是学习的过程。可惜在许多时候，当孩子提出一些有趣而奇怪的问题时，父母所给的答案往往是含糊的、过时的，甚至是错误的。那当然不是父母的错，可能是科学界确实没有给出正确的回答。仅以上述小女孩的问题为例，很多研究人员可能会习惯性地借用一两百年前的经典理论，诸如拟态现象和保护色理论等来回答，但此类解释远远不够，或者说并没有触及问题的核心。假如用保护色理论来回答这个问题，只会让事情变得更加复杂，因为绿色的头发明明可以在丛林中起到完美的保护作用，对于早期人类来说，简直就是天然的迷彩服，人类为什么要放弃如此优异的自我保护装置呢？

所以，这个问题需要一个全新的答案。

近十几年来，不断有学者关注动物的体色，并提出了许多类似的问题。美国加州大学戴维斯分校的生物学家蒂姆·卡罗曾经发表过一篇讨论哺乳动物体色的论文，在论文的最后，卡罗提出了这样一个问题：“哪种哺乳动物是绿色的？”这个问题和上述小女孩的问题可谓不谋而合。卡罗的论文发表在

《生物科学》杂志2005年第二期上，而《生物科学》是非常权威的学术期刊之一，可见探究哺乳动物的体色并不是一个无聊或低俗的问题，而是一个真正的科学问题。可惜卡罗只是抛砖引玉，并没有给出答案，而是把这个问题称为“诡计”。既然是“诡计”，当然一言难尽了。

我打算用一本书的篇幅对小女孩的问题展开全面的讨论。那个小女孩对世界充满好奇，她理应得到一个认真的回答。同时，我也希望更多的大读者和小读者能通过阅读这本书领悟到一个简单的道理：看似简单的问题背后，极有可能隐藏着复杂的科学原理，有的原理甚至值得科学家花费一生的时间去探究。当然，我更希望家长能通过阅读这本书明白这一点：认真对待孩子提出的问题，有助于启发孩子的思维能力，激发他们对科学的兴趣，使他们对自然的好奇心不会随着时间的流逝而消失，使他们不会由一个对未知世界充满兴趣的天才儿童成长为只知道烧烤、外卖、美容、自拍和手机游戏的闲散少年。

不过这个问题其实很难回答。

正所谓“接天莲叶无穷碧，映日荷花别样红”，人们很容易把生命的色彩看作孤立事件，误认为莲叶是莲叶，荷花是荷花，花叶不同色，互不相关；绿色的树叶和红色的血液毫不沾边，枯黄的衰草和潜伏其中的灰色羚羊没有因果关系。事实并非如此，生命的每种色彩之间都存在着曲折的逻辑链条。它们都在阳光之下进化而来，并通过光线与能量的联结而成为有机的整体。什么样的生命包含什么样的分子，什么样的分子吸收什么样的光线，什么样的光线呈现什么样的色彩，什么样的色彩激发什么样的视觉，什么样的视觉导致什么样的反应，彼此环环相扣、紧密相连。从草原到冰原，从大海到森林，从万丈深渊到广袤沙漠，不同地理环境中的每一种生命都有自己的色彩，而每一种色彩都是宏观逻辑链条中的一个部分，都有其道理。只是由于司空见惯，我们很少意识到缤纷多样的色彩背后居然隐藏着诸多深刻的科学逻辑。

比如“海水为什么是蓝色的”就是这样一个看似简单的问题。在1921年

之前，人们给出的流行答案是：海水映照了天空的颜色，所以是蓝色的。这个答案源于英国著名物理学家瑞利男爵，他提出的“瑞利散射”和“瑞利判据”都对光学研究具有深远的影响。瑞利认为：阳光进入大气之后，大量的红光被空气吸收，而蓝光则四处散射，所以天空看起来往往是蓝色的。海水本没有颜色，只不过因为反射了天空的颜色，所以看起来也是蓝色的。1921年，印度物理学家拉曼在英国皇家学会上做了声学与光学的研究报告后，取道地中海乘船回国。同船的一个小男孩好奇地问拉曼“海水为什么是蓝色的”，他便把瑞利的理论告诉了小男孩。可是这个回答让拉曼深感不安，他随即在船上展开了深入的研究。通过棱镜分析，拉曼发现海水的颜色居然比天空的颜色还要蓝，所以不可能是反射天空的结果，但具体原因何在，拉曼自己也不明白。

拉曼并没有放弃回答小男孩的问题，在随后的一年多时间里，他继续研究海水的颜色，最终得出了一个与瑞利理论不同的结论：瑞利关于天空颜色的解释是正确的，对海水颜色的解释却是错误的。海水之所以是蓝色的，并非因为反射了天空的颜色，而是因为海水吸收了红光、橙光和黄光等长波光线，却很少吸收波长较短的蓝光，所以蓝光就会在海水中不断被散射，最终呈现出迷人的蓝色。拉曼以此为切入点，开拓了一个全新的光学研究时代，并于1930年获得诺贝尔物理学奖。如果拉曼当初对那个小男孩的问题敷衍了事，把海水的颜色当作司空见惯的现象，根本不去思考其背后的科学原理，那么此后的一切就都不会发生了。

其实，像“海水为什么是蓝色的”这样看似简单的问题不胜枚举。比如，为什么有些花的颜色毫不起眼，有些花的颜色却绚烂无比？为什么有红色的花、紫色的花，甚至还有白色的花，却很少见到绿色的花？不同的花色有什么独特的进化优势吗？

为什么某些动物的血液是蓝色的或者是无色的，而哺乳动物包括人类的血液却全部是红色的？

为什么鸟类和昆虫的体色如舞台上的演员那样张扬高调，而哺乳动物的体色却像幕后服务生般沉闷低调？

为什么北极熊是白色的，而同在北极的麝牛却是黑色的，南极的企鹅却又是黑白相间的？

为什么长颈鹿的花纹是彩色的，而熊猫的花纹是黑白的？

为什么亚洲野马主要是纯色的，而非洲的斑马却有清晰的黑白条纹？

为什么哺乳动物主要是双色视觉，灵长类动物主要是三色视觉，而鸟类却进化出四色视觉？

等等。

这些问题零散而琐碎，初一看并不复杂，很多人都误以为自己早就知道答案，而且认为答案很简单。事实并非如此，你以为你知道答案，其实你很有可能走在了通往错误的笔直大路上。

当我们讨论某种生物特征时，往往会谈到近因和远因。近因和远因之间的关系，就是知其然和知其所以然的关系。近因谈的是为什么会这样，远因谈的是，到底为什么会这样。通俗地说，前者是表面原因，后者是深层原因。

举个最简单的例子：树叶为什么是绿色的？这个问题如此简单，有些中学生在考试时甚至能得满分：因为树叶能把绿色的光线反射回来，所以看起来是绿色的。就这个问题而言，叶绿素就是近因，因为叶绿素不能吸收绿色光线，所以才会把它反射回来。我们还要进一步追问：为什么叶绿素要反射绿色光线而不是红色光线？为什么树叶中含有大量的叶绿素而不是类胡萝卜素或者叶黄素？这些问题与光合作用的进化有关，就是所谓的远因，或者叫作终极原因，只有终极原因才能满足人类追求事物真相的深切渴望。

本书主要讨论终极原因，也就是进化方面的原因。至于近因，只是表面现象，我们权且作为讨论的切入点。

需要强调的是，在现代社会，有许多植物或者动物，比如白玉兰、三叶草，陪主人散步的吉娃娃，都不是自然选择的结果，而是人工选择的结果。本书讨论的重点是自然选择，而非人工选择。读者务必注意分辨其中的不同，避免用人工选择的结果去反驳自然选择的原因。毕竟我们现在已经被人工选择的各种植物或动物所淹没，你所欣赏的花草、你所养殖的金鱼、你所宠爱的猫狗，甚至你所散步的林荫大道两侧的行道树，很多都是人工选择的结果，而人工选择有时会误导你对本书的理解。

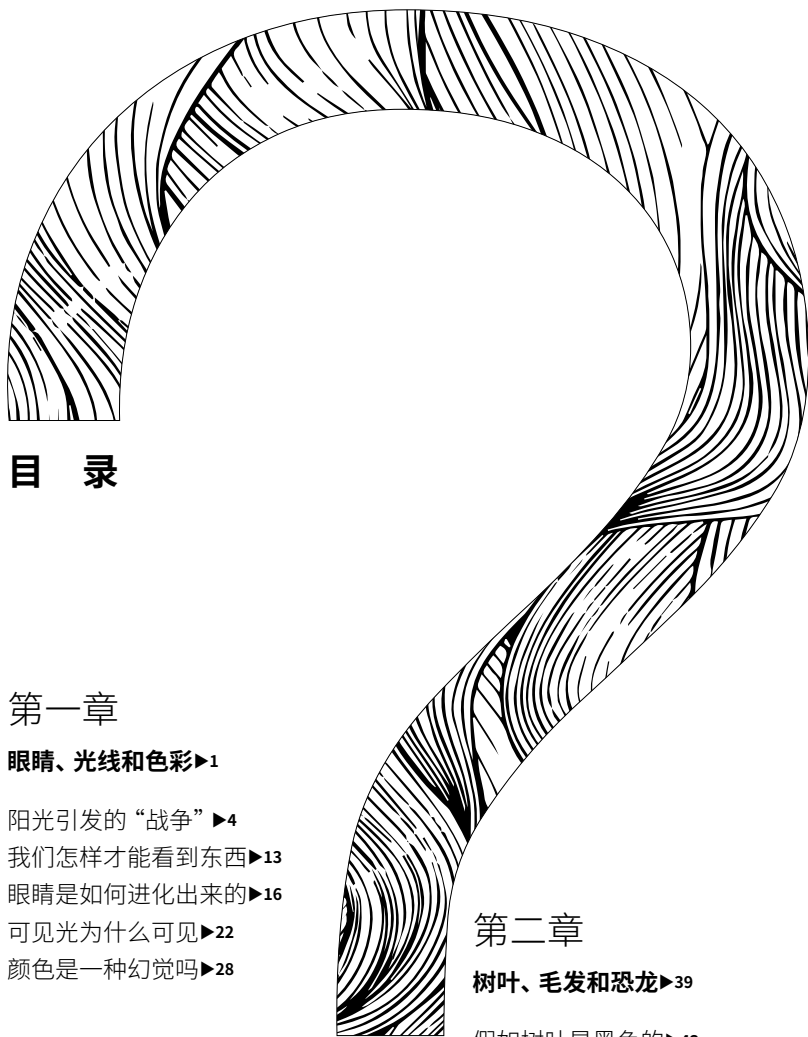
只有从自然选择的视角来看问题，你才会明白许多细节都符合适者生存的原则。在细菌与植物之间、植物与草食动物之间、草食动物与肉食动物之间、肉食动物与视觉进化之间、视觉进化与食物色彩之间，都存在递进的进化阶梯，每个环节都充满了奇妙的玄机。那是一部恢宏悠远的进化史诗，也是一幅绚烂瑰丽的生命画卷，从生命的最开端一直延伸到我们的眼前，并将继续叙述或铺展开去。

与时下流行的大历史写作相比，生命色彩进化的宏伟史诗更加磅礴壮阔，它虽然未必像历史故事那样有曲折的戏剧化情节，其内在的科学逻辑却同样一波三折、跌宕起伏，足以引发无尽的思考，且极具可读性。

现在我们就一起进入色彩缤纷的生命世界，共同探索隐藏在生命色彩背后的奥秘，追寻生命色彩进化的终极原因。在探索的过程中，我会分若干步来解释其中的递进关系，最后再回答那个小女孩的问题：我们为什么没有绿色的头发？

毫无疑问，所有的色彩都需要眼睛去感知。只有眼睛才能全方位感知色彩，并对色彩做出反应，这个世界也因为眼睛的存在而不断展现出精彩的外表。

所以我们回答问题的第一步，就要从眼睛的进化谈起。



## 目 录

### 第一章

#### 眼睛、光线和色彩▶1

阳光引发的“战争”▶4

我们怎样才能看到东西▶13

眼睛是如何进化出来的▶16

可见光为什么可见▶22

颜色是一种幻觉吗▶28

### 第三章

#### 体型、体色和体温▶75

恒温动物VS变温动物▶79

毛色的魔术效应▶84

斑马条纹的秘密▶92

吃货的收益与风险▶99

### 第二章

#### 树叶、毛发和恐龙▶39

假如树叶是黑色的▶43

花里胡哨的价值▶51

百无一用的绿色毛发▶60

三色视觉VS双色视觉▶66



## 第五章

### 视觉、嗅觉和尾巴▶149

视觉与嗅觉的拉锯战▶154

手指为什么正好有五根▶166

人类的尾巴哪儿去了▶175

生长与生殖的博弈▶183

## 第六章

### 血液、皮肤和脸色▶193

血液只能是红色的吗▶197

没有盲点就不会阅读▶203

皮肤越红越凉爽▶206

我们为什么在意别人的脸色▶210

答案▶头发为什么不是绿色的▶223

后记▶对世界永远充满好奇心▶233

注释▶238

## 第四章

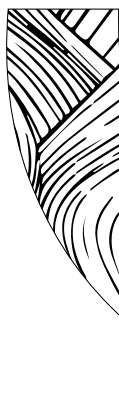
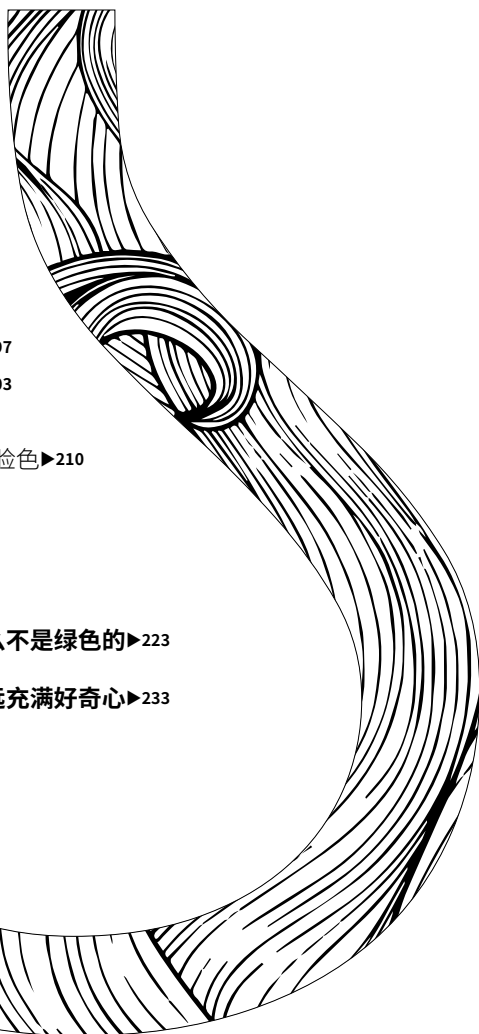
### 花朵、落叶和水果▶109

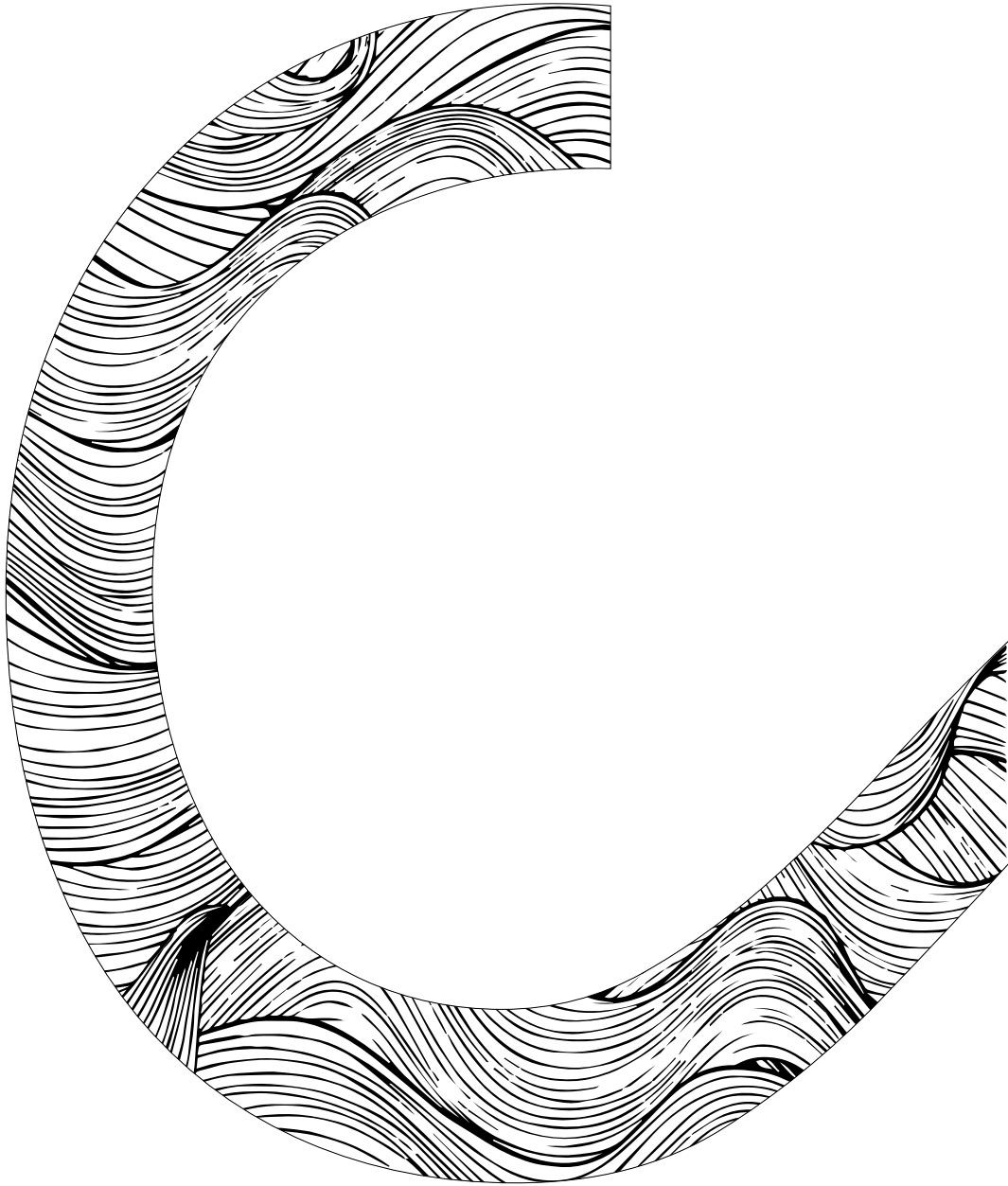
第一朵花在哪里开放▶115

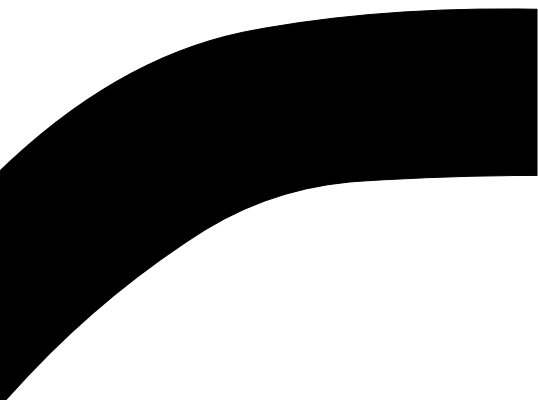
红色秋叶背后的玄机▶126

花朵为何如此娇艳▶132

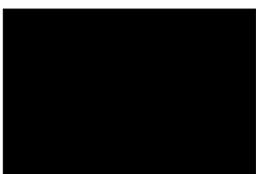
来自水果的诱惑▶142







第一章  
眼睛、光线和色彩



假设你有一段非常特殊的经历，不小心掉进一个黑暗的山洞，四周没有一丝光亮，无数不明物体，可能是蝙蝠，也可能是其他的什么飞虫从你的额头不断掠过，你该如何分析自己的处境，然后设法自救呢？

首先我们不推荐动用味觉，因为你未必能用舌头舔到合适的东西。就算你运气奇佳，随机舔到一些东西，且不说恶心不恶心，舌头被划破的风险总是存在的。最重要的是，无论你舔到的是什么，都未必能帮助你获取关于周围环境的重要信息。味觉很大程度上属于辅助感官，比如你看到一块年糕，然后舔一舔，就能知道：哦，年糕是这个味道！但你很难反过来，纯粹根据味道而判断出那是年糕。也就是说，味觉信息并不是认知事物的关键信息。所以，很少有人来到一个新的环境，做的第一件事就是到处舔一舔，那不符合我们认知事物的逻辑。

相对安全的做法是利用触觉，你可以伸出手，通过指尖神经末梢慢慢地感受附近的空间，收集比较具体的物理信息，了解周围环境的质地、温度等特征，比如是粗糙还是细腻，是柔软还是坚硬。尽管洞里伸手不见五指，你仍然可以做出一些基本的判断——你是掉进了烂泥坑中，还是躺在乱石堆里。

不过，触觉虽然可以获得相对直观的信息，但是需要足够接近物体才可以。如果你真的掉进了一座挂满蝙蝠的山洞，你肯定无法通过简单的触摸而了解山洞的整体情况，也无法通过触摸来判断蝙蝠的数量和山洞的深度，你甚至无法判断你摸到的是蝙蝠的粪便还是肥沃的土壤。这时，另一种感觉功能将会强化你的判断，那就是嗅觉。

嗅觉主要通过收集空气中的分子信息来分析周围的情况。只要轻轻嗅几下，你就可以立即排除许多不合理的选项，比如在荒山野岭的洞穴里，绝不可能有巧克力的气味，更不会有迷人的香水味。然而，当错误选项不断被排除之后，你只会陷入绝望，因为嗅细胞很快就会由于信息过多而变得迟钝，正所谓“入鲍鱼之肆，久而不闻其臭”。无法处理复杂而持久的信息，是嗅觉的一大弱点。除此之外，我们不能通过嗅觉来判断物体的形状和大小。

嗅觉也无法远距离传递信息。更重要的是，气味分子特别容易与其他分子混合，传递出来的信息自然会变得含糊不清。要想获取全面而准确的环境信息，就必须依靠其他感官。

除了触觉和嗅觉，在黑暗中你还可以依赖另一种感官：听觉。

听觉离不开声波，动物接收声波的能力不同，其听觉水平也各不相同。根据波长的不同，声波大致可以分为三大类：频率低于20Hz的为次声波，频率高于20000Hz的为超声波，介于两者之间的就是我们能听到的可听声波。不同频率的声波性质不同，功能各异。不同的动物会根据不同的环境需要而利用不同的声波，<sup>[1]</sup>三种声波就这样各自有了用武之地。

次声波频率较低，不易被水吸收，可以轻松绕开大型障碍物，非常适合在海水中进行长距离的信息传播，所以成为鲸鱼之间进行交流的重要工具。以蓝鲸为例，它们体型庞大，需要占据庞大的海域才能养活自己，所以相互之间常常相距数千公里。要想跨越如此巨大的鸿沟实现信息交流，只能利用次声波，否则每一头蓝鲸都会变成被隔离的孤岛，很难知道另一头蓝鲸在哪里，自然更谈不上交配和生育后代。

除了次声波，超声波也是重要的声音媒介。与次声波不同，超声波能量较高，穿透力极强，是蝙蝠之间进行交流的重要工具。不过，超声波的缺陷在于传递信息的效率较低，非常容易受到杂音的干扰，也容易被物理屏障所阻隔。蝙蝠虽然可以在空中对昆虫进行精准定位后追杀，但只要与猎物隔着一片树叶，它都会感到束手无策。正因为受到各种因素的制约，蝙蝠才不得不在夜间活动，那时万籁俱寂，各种声波干扰被降到最低，超声波才能发挥最大的作用。

作为人类，我们既不能利用超声波，也不能利用次声波，而主要依靠可听声波收集环境信息。我们说话、唱歌，聆听竹林风吟，无不需可听声波的帮助。就算是在漆黑的山洞里，你也可以借助听觉与声波的互动，实现对外界环境的基本探测。你不能哭，但可以大声叫喊几下，通过回声

来判断山洞的大小与空旷程度。不过，除此之外，声波并不能提供更多的信息。

我可以保证，当你真正掉入一个黑暗的空间里时，最渴望的东西不是一滴水，也不是一声同情的叹息，而是一道明亮的光线。与其他信息媒介相比，光波具备无与伦比的优势。

首先，光波可以朝各个方向反射，从不同的方位传递不同的信息。其次，光波传递的速度特别快，对于生命来说，几乎没有时间差，基本等于即时信息。你看到了我，我也就看到了你，无论伴侣之间的眉目传情，还是狮子对羚羊的虎视眈眈，都同等重要，无法通过光波信号与对方进行实时交流的动物，基本都处于被淘汰的边缘。再次，光波可以传递相对全面的信息，包括物体的形状、质地、方位和色彩等。所以，光波这个世界最重要的信息载体，是生命与环境之间联系的桥梁。

对于生命系统来说，要想利用如此优秀的信息载体，基本的要求是进化出强大的光波探测能力，也就是视觉系统。只要拥有视觉，就可以与光波互动，通过光电效应辨别物体的明暗与色彩。尤其是色彩，将成为我们认识事物和分析事物的重要指标。

色彩需要通过视觉被感知，在视觉与色彩之间，存在典型的协同进化现象。色彩是一个系统，视觉是另一个系统，光波则是维系这两个系统的重要纽带，是推动生命从黑暗走向光明的终极力量。

那么光的本质到底是什么，它为什么能够起到如此重要的作用？

## 阳光引发的“战争”

谈到光的本质，我们需要从对光学研究做出卓越贡献的艾萨克·牛顿说起。

1643年，牛顿降生于英国的一个普通乡村。由于父亲早逝，牛顿从小跟