

眼生万物

NATURAL
HISTORY
MUSEUM

看见看不见的
“视”界

COLOUR
AND
VISION

Through
the Eyes of
Nature

[英] 史蒂夫·帕克 著
(Steve Parker)

刘昱 译 / 高源 审订

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

研音

N
NATURAL
HISTORY
MUSEUM

COLOUR
AND
VISION

Through
the Eyes of
Nature

眼生万物

看见看不见的“视”界

[英] 史蒂夫·帕克 著
(Steve Parker)

刘昱 译 / 高原 审订

北京联合出版公司 · 科普
Beijing United Publishing Co., Ltd.

图书在版编目 (CIP) 数据

眼生万物：看见看不见的“视”界 / (英) 史蒂夫·帕克著；刘昱译. — 北京：北京联合出版公司，2020.4

ISBN 978-7-5596-3728-4

I. ①眼… II. ①史… ②刘… III. ①色彩学 IV. ①J063

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第212509号

Colour and Vision: Through the Eyes of Nature was first published by the Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD

© The Trustees of the Natural History Museum, London 2016.

This Edition is published by Beijing United Publishing Co., Ltd. by arrangement with The Natural History Museum, London through Rightol Media.

Simplified Chinese edition copyright © 2020 by Beijing United Publishing Co., Ltd.

All rights reserved.

本作品中文简体字版权由北京联合出版有限责任公司所有

眼生万物：看见看不见的“视”界

作 者：[英] 史蒂夫·帕克 (Steve Parker)

译 者：刘 昱

审 订 者：高 源

出版监制：刘 凯 马春华

选题策划：联合低音

责任编辑：王冰倩 云 逸

封面设计：奇文云海

内文排版：黄 婷



关注联合低音

北京联合出版公司出版

(北京市西城区德外大街83号楼9层 100088)

北京联合天畅文化传播公司发行

北京华联印刷有限公司印刷 新华书店经销

字数115千字 889毫米×1194毫米 1/32 6印张

2020年4月第1版 2020年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5596-3728-4

定价：60.00元

版权所有，侵权必究

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容

本书若有质量问题，请与本公司图书销售中心联系调换。电话：(010) 64258472-800



目 录

引 言	001
第 1 章 光的初见	006
第 2 章 动物的眼	046
第 3 章 斑斓色彩的缘起	100
第 4 章 感知与欺骗	134
第 5 章 我们的七彩世界	162
术语表	179
参考文献	185
图片版权声明	187

引言

人脑中大约有四分之三或更多的信息——事实、场景、文字、事件、面孔、地点——来自眼睛。在动物界，哺乳动物的眼睛是这种感觉器官的典型，人眼则是绝佳的例子，这部分源于作为灵长类动物成员的我们遗传到了这种演化成果。其他灵长类动物，特别是与我们血缘最接近的现存表亲——猿类与猴类，在很大程度上也依赖视力生活。我们确实是以人类的视角在看世界。

光、视觉与色彩主导着生物界。90%以上的动物拥有成像眼或某种类型的视觉加工，所以视觉必然提供了巨大的演化优势。某类眼睛的优势取决于其存在的时间、地点及所有者，通过眼睛引导或指导行为和生存任务的能力，如觅食和寻找庇护，从

对页图：飞行类昆虫在很大程度上依赖视觉来导航、觅食和求偶，以及避险。金眼蛇 (*Chrysops quadratus*) 的眼比脑大许多倍



来自印度洋的海蛞蝓，或称裸鳃亚目的孪生多彩海蛞蝓（*Goniobranchus geminus*）似乎闪耀着霓虹光。这是保护色，用于警告潜在捕食者它的肉有毒



而发挥作用。数百万年以来，视觉系统日益复杂，从基本的眼点到我们人类眼睛这种极为复杂的结构与机制，都与基于视觉的行为日益发展有关。

眼睛就像其他任何身体部位一样，由于自然选择机制，通过演化过程不断发展。这方面的证据随处可见：如今大量生物所拥有的各式眼睛的设计；生物体内用于制造眼睛的指令或基因；由这些基因确定的眼睛其他结构单元的材料；以及保存在岩石中的古老动物化石眼。纵观全局，有许多不同种类的动物眼睛演化了出来。其中，最复杂、奇妙的眼睛从更简单、更平庸的前身历经各个阶段发展而来，同时在每个阶段对眼睛的所有者依旧有用。

眼睛是视觉故事里的一部分。光必须照到眼睛上并射入眼睛，眼睛才能感测到色彩、形状与图案，并向大脑发送神经信号。在大脑的视觉中心，信号得到解码、分析并组合成图像。这就是我们所意识到的——通过我们的“心灵之眼”。我们拥有人类如何运行这种机制的第一手经验。但对于其他动物而言，

有些拥有截然不同的眼睛与大脑，它们看到的世界是否与我们看到的一样呢？

光最显著的属性之一是色彩。可以将光的能量想象为波的起伏运动。阳光照在雨滴上时，产生的彩虹揭示出白光中隐藏的全部光谱。这些色彩源于不同的波长，红色的波长最长，蓝色和紫色则最短。当阳光穿过雨滴时，波发生了折射，使每种色彩以稍微不同的角度发生弯曲——红色的弯曲程度最小，蓝色和紫色的则最大。色彩就是这样被揭示出来的，因此折射对于眼睛和自然界至关重要。作为个体，我们在许多方面体会着色彩的意义与内涵，从深邃的蓝色大海与天空到色彩绚丽的蝴蝶与花朵。但是，这又引申出了更多问题。色彩对动物而言是否具有类似的意义？若不具有能够看到色彩的眼睛，色彩是否真实存在？

色彩必然重要，因为自然界以无数种方式利用色彩，从植物绿叶的能量收集，到伪装、防御及展示自己。和与背景融为一体的低调动物形成鲜明对照的，是海蛞蝓、蝴蝶、珊瑚鱼、树蛙和极乐鸟等生物的绚烂色彩。色彩甚至可以延续数百万年——从一些化石中可推断出早已灭绝的物种颜色。

人类的视觉系统具有高度复杂性。再加上我

们拥有调查、学习和理解能力，这使我们得以珍视色彩和视觉在自然界和我们切身体验中的核心重要作用。



三叶虫 [这里是蛙形镜眼虫 (*Eldredgeops rana*)] 是首批拥有复杂多面眼的主要物种。在左上方中央可以看到炮塔般的眼睛



第1章

光的初见

视觉的演化

为何会出现眼睛？在我们思考这个问题之前，需要对“眼睛”这个词下定义。动物拥有诸多不同的感光部位，这些部位并非全都是“眼睛”。眼睛具有接收、响应和比较来自不同方向的光线以形成图像的能力，即辨别视野中的线条、形状等类似的特征。这有时被称作“空间分辨率”或“空间细节定义”。典型的成像眼用一个或多个晶状体将光聚焦到某个结构上，譬如视网膜，该结构以某种方式（通常是产生神经信号）对光的能量做出响应。成像眼比只探测是否有光的简单传感器，或更高级的较或辨别光亮强度的传感器要复杂得多。这些更简

单、更基本的感光器设计拥有各种名称和形式，如眼点、感光点或感光斑。

那么何时出现了眼睛？浩瀚的史前时代被划分为“宙”这种巨大的时间跨度。研究“随时间改变的地球、岩石”的地质学家，以及使用化石和其他证据来研究“古生物及其演变过程”的古生物学家会使用宙这个概念。

最初是冥古宙，开始于地球形成之初，距今约40亿~45.4亿年。在该时期，没有我们所知的生命证据。接着是太古宙，距今25亿~40亿年。在此时期，有化石证据表明约35亿年前在水中出现了最早的生命形式——类似于如今细菌和蓝藻（有时被称为“蓝绿藻”）的单细胞生物。它们没有所谓的眼，但有些会对光做出响应，即将光作为能量提供自己的生命。这个过程被称为光合作用。

接着是元古宙，距今5.41亿~25亿年。在该时期末，生命形式的多样性逐渐形成，特别是动物。据定义，这些是多细胞动物，而不是单细胞动物。有化石证据表明在5.8亿年前存在简单的动物。但岩石中的动物遗体并不完整，即便代表的是动物，也是软体动物。更复杂的生物逐渐演化出来，这些生物可能类似于海绵动物、刺胞动物（水母、水螅和

珊瑚)以及栉水母(又名海醋栗)等物种,并可能是这些物种的祖先。观察这些生物的现存特征可能会揭露出早期眼睛形态的蛛丝马迹。

最后是显生宙,距今 5.41 亿年至今。化石分布更广,由此表明这时候出现了如今大部分常见物种的祖先。眼睛出现得很早,并自那之后一直在演化。可是,宙是非常长的时间跨度。为了方便和准确地划定时间,宙被分为代,又进一步被分为纪。元古宙由古元古代、中元古代和新元古代组成。与眼睛和视觉作用紧密相关的时期是新元古代,距今

雪球地球：生命暂停

距今 6.35 亿 ~ 7.2 亿年的成冰纪有时被称为“雪球地球”。地球在该时期几乎完全陷入了极寒气候,生命存活多半变得艰难,几乎没有留下可靠的化石遗迹。但是观察岩石中残留的化学物质,即生物标记物,并使用诸如“分子演化钟”的技术追溯——通过估测生物中蛋白质和其他分子的变化或演变速度——表明在成冰

纪出现了某些动物物种,特别是多孔动物门的海绵动物。这些结构非常简单的生物在海洋和淡水栖息地依旧茁壮成长。它们没有心脏、肌肉、肠道、神经、脑或眼睛。然而,它们却代表了从单细胞微生物向由不同种类细胞组成的单个生命体演化的重要阶段,为了生命体的共同利益,不同的细胞各司其职。

宇(宙)	界(代)	系(纪)	统(世)	阶(期)	年龄值 (百万年)	
显生	新生	第四	全新	上	0.0117	
				中	0.126	
			更新	卡拉布利雅	0.781	
				杰拉	1.806	
				皮亚琴察	2.588	
				赞克勒	3.600	
			新近	上新	墨西哥拿	5.333
					托尔托纳	7.246
		中新		塞拉瓦莱	11.62	
				兰盖	13.82	
				波尔多	15.97	
				阿基坦	20.44	
				夏特	23.03	
				吕珀尔	28.1	
		古近	渐新	普利亚本	33.9	
				巴顿	38.0	
				卢泰特	41.3	
				伊普里斯	47.8	
			始新	坦尼特	56.0	
				塞兰特	59.2	
				丹麦	61.6	
				马斯特里赫特	66.0	
		中生	白垩	上白垩	坎潘	72.1
					圣通	83.6
	康尼亚克				86.3	
	土伦				89.8	
	塞诺曼				93.9	
	阿尔布				100.5	
	阿普特				113.0	
	巴雷姆				125.0	
	下白垩			欧特里夫	129.4	
				瓦兰今	132.9	
贝里阿斯				139.8		
				145.0		

宇(宙)	界(代)	系(纪)	统(世)	阶(期)	年龄值 (百万年)	
显生	中生	侏罗	上侏罗	提塘	145.0	
				钦莫利	152.1	
				牛津	157.3	
				卡洛夫	163.5	
			中侏罗	巴通	166.1	
				巴柔	168.3	
				阿林	170.3	
				托阿尔	174.1	
			下侏罗	普林斯巴	182.7	
				辛涅缪尔	189.8	
				赫塘	190.8	
				瑞替	199.3	
		三叠	上三叠	诺利	201.3	
				卡尼	208.5	
			中三叠	拉丁	228	
				安尼	235	
			下三叠	奥伦尼克	242	
				印度	247.2	
		古生	二叠	乐平	长兴	251.2
					吴家坪	252.2
				瓜德鲁普	卡匹敦	254.2
					沃德	259.9
					罗德	265.1
					空谷尔	268.8
	乌拉尔			亚丁斯克	272.3	
				萨克马尔	279.3	
			阿瑟尔	290.1		
				295.5		
				298.9		
				299.9		
				303.7		
				307.0		
石炭	宾夕法尼亚亚系		上	格舍尔	307.0	
			中	卡西莫夫	315.2	
		下	莫斯科	315.2		
			巴什基尔	323.2		
	密西西比亚系	上	谢尔普霍夫	323.2		
		中		330.9		
		下	维克	346.7		
			杜内	358.9		

宇 (宙)	界 (代)	系 (纪)	统 (世)	阶 (期)	年龄值 (百万年)
显生	古生	泥盆	上泥盆	法门	372.2
				弗拉斯	382.7
			中泥盆	吉维特	387.7
				艾斐尔	393.3
			下泥盆	埃姆斯	407.6
				布拉格	410.8
		志留	普里道利	洛赫考夫	419.2
				卢德福特	423.0
			罗德洛	高斯特	425.6
				侯堡	427.4
			温洛克	甲伍德	430.5
				特里奇	433.4
	兰多维利		埃隆	438.5	
			鲁丹	440.8	
	奥陶		上奥陶	赫南特	443.4
				凯迪	445.2
		中奥陶	达瑞威尔	453.0	
			大坪	458.4	
		下奥陶	弗洛	467.3	
			特马豆克	470.0	
	寒武	芙蓉	第十阶	477.7	
			古丈	485.4	
		中寒武	古丈	489.5	
			第二和第三阶	497	
		下寒武	幸运	500.5	
			幸运	514	

宙 (宙)	界 (代)	系 (纪)	年龄值 (百万年)	
前寒武纪	元古	新元古	埃迪卡拉	541
			成冰	635
			拉伸	850
		中元古	狭带	1000
			延展	1200
			盖层	1400
	古元古	固结	1600	
		透山	1800	
		层侵	2050	
		成铁	2300	
		成铁	2500	
	太古	新太古		2800
				3200
		中太古		3600
				4000
		始太古		

地球的史前时代被归结为一系列的时间段,并进而划分为更小的单位。宙、代和纪指时间跨度(地质年代学),而宇、界和系则指在这些时间跨度中形成的岩层或地层(年代地层学)

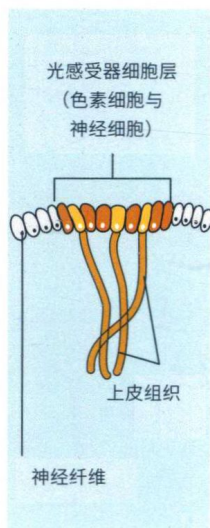
5.41 亿 ~ 10 亿年。新元古代分三纪：拉伸纪、成冰纪和埃迪卡拉纪。

眼生万物：
看见看不见的“视”界

012

动物起源

在成冰纪“雪球地球”时期之后，是埃迪卡拉纪，距今 5.41 亿 ~ 6.35 亿年。随着冰川融化，地球温度逐渐升高。动物生命开始蓬勃发展，但由于这些动物身体柔软，留下的化石很少。该时期以南澳大利亚的埃迪卡拉山命名，1946 年在此发现了这类化石，并于 1948 年在科学文献中对其做了描述。从那以后，陆续在不同地点发现了该时期类似的化石，甚至是化石组合：加拿大纽芬兰省阿瓦隆半岛的误导点（Mistaken Point）、非洲纳米比亚的纳马（Nama）和俄罗斯的白海。该时期保存下来的生命形式被统称为埃迪卡拉生物群。一些化石难以解释，因为它们代表的生命体似乎与任何现存或早已灭绝的已知物种不存在明显关联。其他化石则可以理解为一些物种的潜在祖先，例如水母、珊瑚、海葵及其亲戚等刺胞动物，以及栉水母等另一组海洋无脊椎动物。



简单的眼点或单眼可能可以感测到亮度强弱，但不能感测方向或形成图像（见第 22 页）