



大学科普丛书

第一辑 潘复生主编

The Secrets of Eyes

眼睛的奥秘

看见自然的神奇与人类的智慧

李 革◎编著



无论是天地寰宇的多姿多彩，还是显微镜下的细致精巧，都需要通过眼睛来观察，而眼睛本身就是大自然最神奇的创造。



科学出版社

本书为重庆市沙坪坝区科学技术委员会科普资助项目



大学科普丛书

第一辑 潘复生主编

The Secrets of Eyes

眼睛的奥秘

看见自然的神奇与人类的智慧

李 革◎编著

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

眼睛的奥秘：看见自然的神奇与人类的智慧 / 李革编著. — 北京：科学出版社，2017.9

(大学科普丛书. 第一辑)

ISBN 978-7-03-053565-8

I. ①眼… II. ①李… III. ①眼科学—普及读物 IV. ①R77-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第132009号

丛书策划：侯俊琳

责任编辑：张 莉 刘巧巧 / 责任校对：何艳萍

责任印制：张 倩 / 封面设计：有道文化

编辑部电话：010-64035853

E-mail:houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年9月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2017年9月第一次印刷 印张：8 插页：4

字数：110 000

定价：35.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

总序

人类历史是一部探索自然和社会发展规律的编年史。无论是混沌朦胧的原始社会，还是文明开化的现代社会，人类对自身的所处所在都充满了与生俱来的天然好奇心。在历史发展的长河中，通过不断地传承、质疑、探索、扬弃，人类在认知自我、认知自然、认知社会的过程中集聚了强大的思想动能，为凸显人类理性光辉、丰富人类精神生活、推动人类社会持续进步提供了有力的精神武器。科学，作为运用范畴、定理、定律等形式反映现实世界各种现象的本质、特性、关系和规律的知识体系，既可以解释已知的事实，也可以预言未知的新的事实，在人类文明发展中始终扮演着重要的角色，随着人类对未知世界深入探索，在当今以至未来社会，科学知识的普及和传播必将发挥越来越重要的作用！

2016年5月30日，习近平总书记在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科学技术协会第九次全国代表大会上发表重要讲话，提出了“到新中国成立100年时使我国成为世界科技强国”的奋斗目标。总书记还强调，“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。没有全民科学素质普遍提高，就难以建立起宏大的高素质创新大军，难以实现科技成果快速转化。希望广大科技工作者以提高全民科学素质为己任，把普及科学知识、弘扬科学精神、传播科学思想、倡导科学方法作为义不容辞的责任，在全社会推动形成讲科学、爱科学、学科学、用科学的良好氛围。”从中可以看出：科学普及不仅是推动经济发展、提升公民科学素养的必要手段，而且也应该成为高等院校和科研机构服务社会的重要职责。

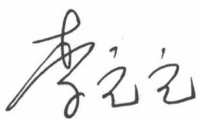
在当前国内科普图书市场上，原创科普佳作依然难得一见，广受关注和好评的还多数是引进版，这与我国科研水平快速提升的现状极不相称。近年来，科学普及受到全球各国政府、社会组织以及公众的高度重视，形

成了快速发展态势，科学普及工作也有了很多新的变化。在现代科学传播理念的指引下，科学普及既要关注科学的产生、形成、发展及其演变规律，包括人类认识自然和改造自然的历史；也要关注自然界的一般规律、科学技术活动的基本方法和科学技术与社会的相互作用等问题。科学普及不仅要传播自然科学和人文社会科学知识，更要积极引导公众在德、智、体、美等方面的全面发展。因此，需要不断创新，务求实效。

由重庆市科学技术协会主管、重庆市大学科学传播研究会主办、面向全国《大学科普》杂志，自2007年创刊以来，始终以“普及科学知识，创新科学方法，传播科学思想，弘扬科学精神，恪守科学道德”为己任，致力于推动大学与社会的结合，通过组织全国科学家解读科学发现和技术发明，创作高水平的科普文章和开展丰富多彩的科普活动，激发公众的科学热情，传播科学精神和创新精神，在全国科普界独树一帜，影响深远，为提升全民科学素养做出了积极的贡献。

十年磨一剑，砺得梅花香。《大学科普》杂志围绕广受公众关注的科技话题，通过严谨而细致的长期打磨，积累了丰富的高校科普资源，全国一大批科技工作者由此走上科普创作之路，在此基础上，组织一套原创科普佳作可谓水到渠成。科学出版社对科普工作高度重视，双方经过一年多的合作策划，形成了明确的丛书组织思路，汇集了全国众多来自高等院校和科教机构的优秀科普专家，以科学技术史、科技哲学、科学学、教育学和传播学等学科为支撑，将自然科学、工程技术科学和人文社会科学等融合传播，力求带给读者全新的科学阅读体验，真正起到激发科学热情、传播科学思想、弘扬科学精神的作用。在此，我们也热忱期待有更多科学家和科普工作者加入这一行列，为全民科学素养的提升、为国家创新发展贡献出智慧和力量！

中国工程院 院士
中国材料研究学会 理事长
吉林大学 校长



2017年3月20日

前言

眼睛是人类最重要的器官之一。常言道：眼睛是心灵的窗户，更是我们认识世界的窗口，是人体与外界联系必不可少的视觉器官。日常生活中，无论是宇宙间多姿多彩的宏观万物，还是显微镜下细致精巧的微观世界，都是通过眼睛来观察的。我国传统医学中有“眼列五官之首”的说法，可见眼睛在人体中具有非常重要的作用。有研究显示，人从外界接收信息时，有将近 90% 的信息是通过眼睛感知的。眼睛可以帮助人们充分感受大自然的美丽，也可以帮助人们表达自己的情绪。同时，眼睛还可以参与到人与人之间的交流中，特别是情感的传递。与声音、语言和动作相比，眼睛在交流中的作用具有独特的表现力和感染力。

人们常说眼睛可以传神，它传递出喜、怒、忧、思、悲、恐、惊等各种感情，眼神在本质上是眼、眉毛及眼部轮匝肌各种变化的不同组合。我们怒目而视、脉脉含情、目瞪口呆或泪眼婆娑，都是由瞳孔的不同变化所引起的。每个眼神都会带给我们丰富的信息，那无声的一瞥，时常表现出“此时无声胜有声”的力量，其中所容纳的内涵让人叹为观止！

然而，眼睛却异常娇嫩，需要我们悉心呵护。几年前，当举世瞩目的“日全食”现象现身苍穹时，有人在没有采取防护措施的情况下，裸眼观看“天狗食日”的奇观，导致发生日食视网膜症，甚至失明。在欣赏雪景，尤其是雪地探险时，如果不加防护，还有可能患上雪盲症……

拥有明亮而健康的双眼是我们每个人的愿望和追求，让我们一起去探索眼睛的奥秘，一起爱眼护眼吧！

本书大部分插图由李佳蕾、胡晶晶绘制，另有部分图片来自《眼科学彩色图谱》和相关图片库，在此谨向绘图者、相关图片的作者及发布者表示衷心感谢！

李 革

2017 年 3 月 10 日

目 录

总序 / i

前言 / iii

第一章 探秘神奇的眼睛 / 001

第一节 动物世界奇特的眼睛 / 002

一、视力“动”“静”迥异的青蛙眼睛 / 002

二、昆虫的复眼 / 004

三、发亮的猫眼 / 009

四、夜行动物的眼睛 / 010

五、一心二用的变色龙眼睛 / 013

六、山羊的矩形眼睛 / 014

七、乌贼的波浪状眼睛 / 016

八、壁虎的“之”字形眼睛 / 018

九、蝙蝠的眼睛 / 019

十、鱼类的眼睛 / 020

第二节 眼睛的奇闻趣“视” / 022

一、眼见不一定为实 / 022

二、奇特的眼泪 / 031

三、眼皮跳动之谜 / 033

四、父母赐予的单眼皮或双眼皮 / 035

五、人眼看得见的范围 / 036

第二章 揭秘人类的眼睛 / 039

第一节 眼睛的构造 / 040

一、“眼睛之家”的“明星”——眼球 / 041

二、视觉通路 / 055

三、眼附属器 / 055

第二节 解密人眼工作奥秘 / 060

一、眼睛的成像原理 / 061

二、视觉的形成 / 062

三、“视力”“视野”的含义 / 063

第三节 眼睛的成长与衰老 / 065

一、妈妈肚里胎儿的眼睛 / 066

二、色觉的发育 / 066

三、立体视觉的形成 / 067

四、视力的发育 / 069

五、眼睛的壮年和衰老 / 070

第三章 眼睛的呵护 / 073

第一节 关于“眼镜”那些事儿 / 074

一、屈光不正的光学基础 / 074

二、近视眼的发生与矫正 / 075

三、远视 / 077

四、散光是怎么回事 / 079

五、屈光参差 / 081

第二节 常见的眼疾及防治 / 081

一、眼睑与眼结膜疾病 / 082

二、角膜及葡萄膜疾病 / 085

三、视网膜和视神经疾病 / 090

四、青光眼 / 092

五、白内障 / 093

六、糖尿病眼病 / 095

七、眼部脂肪粒 / 098

八、眼睛结石 / 098

九、眼部肿瘤 / 099

十、眼睛周围疾病 / 100

十一、其他常见的眼睛问题 / 102

第三节 亮眼睛是怎么得来的 / 105

一、如何科学用眼 / 106

二、吃出好视力 / 111

参考文献 / 117

彩图

第一章 探秘神奇的眼睛

第一章 探秘神奇的眼睛



第一节 动物世界奇特的眼睛

在所有的感觉器官中，眼睛大概是动物世界中最变化多样的。动物经过数百万年的进化形成了 10 种以上特殊的视力系统，以适应它们各自的生存需要。从鸟类到鱼类，从爬行类到哺乳类，科学家们从动物身上获得灵感，参照不同的动物眼睛设计出高性能的人造眼睛。

让我们先来了解一下动物奇特的眼睛吧！

一、视力“动”“静”迥异的青蛙眼睛

有人说，青蛙虽然是喜欢吃苍蝇的，但是，它只吃活的、飞行着的苍蝇，如果让青蛙坐在死苍蝇堆里没准儿它会被饿死。这是为什么呢？因为青蛙有一双奇特的眼睛（图 1-1-1），它对运动的物体简直是“明察秋毫”，对静止的物体反应却是非常迟钝。青蛙的眼睛既不能像人类的眼睛那样轻微颤动，又没有特定的肌肉来调节突出的晶状体，它实际上是近视眼，只有附近运动着的物体，才能在它的眼睛这个“屏幕”上留下影像。因此，如果人站在路旁、沟边一动不动，青蛙就不会受惊逃走；而一旦人处于走动状态，这些青蛙就会因受惊而到处乱跳。

面对各种飞动的小动物，为什么青蛙可以立即识别出哪个是它最喜欢吃的苍蝇，而对其他飞动的小动物无动于衷呢？这是因为青蛙眼睛视网膜上的神经细胞非常特殊，与人眼具有的视锥细胞和视杆细胞两种视觉细胞不同，蛙眼有五类视觉细胞，其中一类只能分辨不同的颜色，而其余四类则分别捕捉运动目标的不同特征，然后再将信息传

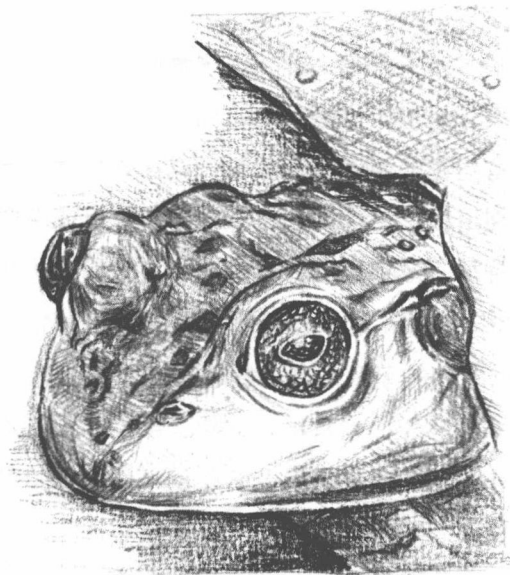


图 1-1-1 青蛙的眼睛（文后附彩图）

递到青蛙大脑的视觉中枢。青蛙的视觉中枢称为视顶盖，对应于前述的四类视觉细胞，在视顶盖中也有自上而下排列的四层视觉中枢神经细胞。第一层是根据运动目标与背景的反差，识别目标的暗前缘和后缘的特征，如蚊子、苍蝇、飞鸟等，它们的特征是不同的；第二层主要是识别运动目标凸出来的边缘；第三层是识别运动目标的外周边缘；第四层则主要是识别运动目标的暗前缘的明暗变化，帮助它判断其运动轨迹。这四层神经细胞所感受的影像就好像画在四张透明纸上的图画，视觉中枢飞速地将它们整合在一起，从而就形成了一幅完整的图像。这种生理结构可以使青蛙的眼睛将复杂的图像分解成几种易于辨别的特征，从而使它能准确而灵敏地发现目标。因此，在各种飞动的小动物中，青蛙可以立即识别出哪个是它最喜欢吃的苍蝇，而对其他飞动的小动物或静止的物体就没有什么反应。

青蛙的眼睛帮助青蛙敏捷地发现运动着的物体，且迅速、准确无误地判断目标的位置、运动方向、速度，识别出目标物体的形状，并

且立即选择最佳攻击时间和攻击姿态。仿生学家根据这一特点成功研制出了电子蛙眼。与青蛙眼一样，电子蛙眼也设计了四种检测器，即识别图像的反差、凸边、边缘、阴暗四种功能。将电子蛙眼应用于雷达，就可以使雷达像蛙眼一样，敏锐、迅速地发现、跟踪飞行中的目标，准确地识别出特定形状的飞机、导弹等。电子蛙眼还可以根据导弹固有的飞行特征，区别真导弹和假导弹，从而大大提高军队的作战能力和防御能力。此外，电子蛙眼也大量应用于公路上的超速检测中。对于按规定速度行驶的车辆，电子蛙眼可以视而不见；一旦车辆超速，电子蛙眼就会灵敏地捕捉到目标，并拍下照片作为证据。对于闯红灯的车辆，电子蛙眼也能在预装指令的驱动下，立即追踪拍照。在几分钟内就有数架飞机起降的大型机场，如果只靠人工观察，很容易疲劳出错，弄不好将发生机毁人亡的悲剧。因此，机场都安装了电子蛙眼，便于及时捕捉飞机起降信息，一旦有差错，电子蛙眼会立即报警。此外，人们还根据蛙眼的特征发明了蛙眼相机，专门用于拍摄运动物体；蛙眼自行车则可以帮助骑车的人及时发现周围移动的物体。我们还能将蛙眼的特征应用到哪些领域呢？请打开你的脑洞，也许你就是下一个发明者。

二、昆虫的复眼

什么是复眼？在生物界，一些昆虫的眼睛非常奇特，它们的一只眼睛竟然有几只甚至成千上万只小眼睛。更奇特的是，每只小眼睛都发育有自成一体的一套视觉系统，都能看见物体。这种奇特的眼睛在动物学上叫作复眼。蜻蜓、螳螂、蜘蛛、蜜蜂、苍蝇等昆虫的眼睛都具有这样的特性。

1. 蜻蜓

蜻蜓的眼睛（图 1-1-2）为什么这么大呢？因为蜻蜓的眼睛由成千

上万只小眼睛组成，是复眼昆虫的代表。

在复眼昆虫的世界里，蜻蜓眼睛的复眼数量居于首位。现在发现，蜻蜓一只眼睛最多有 2.8 万只左右的小眼睛，数量是一般昆虫的 10 倍，因此，它看起来又圆又大，几乎占其头部面积的 $\frac{2}{3}$ 。而且，蜻蜓眼睛具有非常有趣的功能：整个眼睛的上半部分负责看远处的物体，下半部分负责看近处的物体，这种分工使得它在捕食时远近包揽，及时准确。但是如果你快速在蜻蜓的眼睛上部晃动，它就会目不暇接，很容易被抓住，这也是蜻蜓眼睛的弱点。

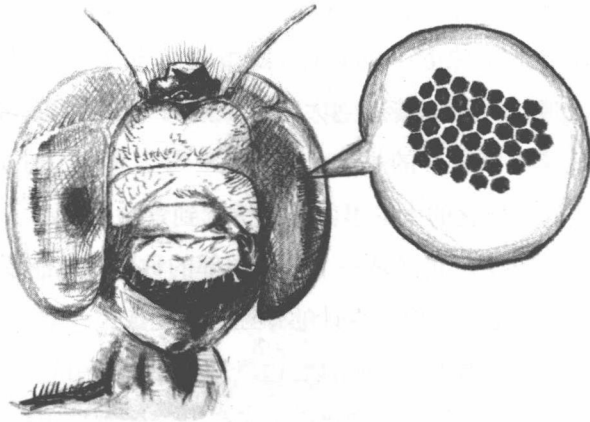


图 1-1-2 蜻蜓的复眼（文后附彩图）

蜻蜓复眼的每一只小眼睛上都有一个六边形的角膜，它们边与边相连，排列整齐有序，像蜂巢一样。外界物体在每个角膜后面都可以形成一个独立而完整的图像。因此在蜻蜓前面放一个物体，可以通过小眼角膜看到许许多多的图像。科学家通过模仿蜻蜓眼睛的构造，制成了复眼照相机，它不仅一次就能拍出成百上千张相同的照片，还可以利用这些小眼睛从不同视角去扫描视野范围内的运动物体，完美捕获其运动轨迹。另外，排列有序的小眼睛所形成的球面，使它几乎有 360° 的视野，全景拍摄得以实现。另外，仿生学家利用昆虫复眼的特

征还研制了相控阵雷达，极大地提高了雷达发现和捕捉目标的能力。

2. 螳螂

你见过螳螂捕虫吗？看似瘦弱的螳螂安静地蹲在草地上，两只长着锯刀的前肢常常是直竖在胸前。一旦有小虫掠过，它就迅速跃起，前足死命一击，便将小虫一举捕获。螳螂捕虫的速度之快，令人瞠目结舌。一般情况下，不到 50 毫秒的时间，小虫就已进入螳螂肚内。螳螂的“武功”主要得益于它拥有一套比电子跟踪系统更灵敏的瞄准定位和跟踪观察装置。

螳螂的秘密武器有两个。一个是与蜻蜓一样的复眼，螳螂的复眼也有几千只小眼睛，每只小眼睛以 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 的轴心角呈凸面排列，看起来像一个蜂窝状的半球形。当小虫在螳螂眼前飞过时，小虫的影像就在其复眼里成像，并迅速传递到大脑。虽然每一只小眼只能看到一个单镜头，就像电影胶片的一个个单镜头一样，但每只小眼可轮流感受运动的物体，这样它的大脑里就可以感觉到景物的运动了。

螳螂的第二个秘密武器是一个长在颈部的称为本体感受器的构造。螳螂的本体感受器主要由数以百计的弹性纤维构成，颈部左右两侧各有一组这样的感受垫。当小虫从螳螂右边飞过，在视角引导下，它的头部会自然地向右侧转动，使得右侧颈部的感受纤维受到挤压。随着它头部向右旋转的弧度增大，右侧的弹性纤维在挤压的作用下越来越多地形成程度不一的弯曲状态。同时，它左侧颈部感受垫里的纤维成相应数量地被拉伸。这样，左右感受垫形成的感受状态便会以不同的兴奋信号，通过神经冲动的形式，急速传到中枢神经系统，让它的大脑准确地判断出飞虫的运动速度。有了以上两个武器，螳螂就能成功地捕捉到猎物了。

研究者模仿螳螂复眼结合本体感受器的原理，设计出了虫眼速度计。虫眼速度计的用途非常多，将它安装在地对空、空对空导弹上，就能迅速地掌握导弹与目标间的相对速度和位置，并在强大的计算机技术支持下，指示导弹不断地调整方向与速度，将目标一举击毁。如果将虫眼速度计安装在飞机上，它便可以用来测量飞机相对于地面的

速度。有了这种“眼睛”，在着陆时就能随时测量飞机相对于地面的速度与位置，这样可以保证飞机准确、安全地着陆。

3. 蜘蛛

蜘蛛是我们日常生活中非常常见的一种昆虫，但你有没有仔细观察过蜘蛛的眼睛（图 1-1-3）呢？蜘蛛的眼睛位于其头部的前方，大部分蜘蛛有 8 只大小不一的眼睛，一些蜘蛛有 6 只眼睛，还有少部分蜘蛛有 2 只、4 只或 12 只眼睛，或者没有眼睛。虽然大多数蜘蛛有许多只眼睛，但是你们知道吗？蜘蛛是一个可怜的近视眼，它看到的東西总是很模糊，基本上都是靠感觉来捕食和生活的。在放大镜下观察蜘蛛的 8 只眼睛时，可以清楚地看到它的眼睛犹如璀璨的宝石散布在头胸部的前端，相当独特、美丽。可惜的是，蜘蛛的眼睛无法进行精确聚焦，不能准确地看到其他物体，只能环顾四周，大致发现周围的食物和敌情。

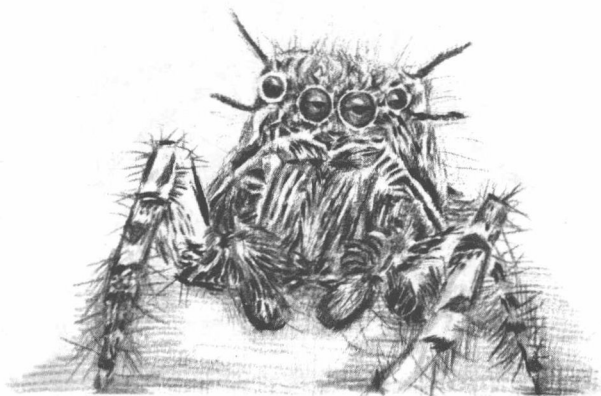


图 1-1-3 蜘蛛的眼睛（文后附彩图）

但是，蜘蛛的眼睛有一个特殊的本领：能观察到太阳光中的偏振光。其实很多具有复眼的动物对偏振光都极其敏感，所以，蜘蛛看到的是一个扭曲但却是无限的世界。它可以根据太阳的偏振光确定太阳

的方位，然后以太阳为参照来判断方向，因此蜘蛛可以准确无误地捕捉到飞到它织的网上的猎物。所以，尽管蜘蛛看到的是一个扭曲而无限的世界，但它的8只宝石般的眼睛可以同时活动，让它也能迅速看见东西和判断距离。

4. 蝴蝶

蝴蝶也是我们生活中非常常见的一种昆虫，尤其是在春暖花开的时候，我们可以看到很多蝴蝶聚集在花丛中，翩翩起舞。大家可能会好奇，蝴蝶是通过什么样的感觉器官来发现这些散发着各种各样花香的鲜花的呢？其实，这与蝴蝶特殊的眼睛（图1-1-4）有一定关系。



图 1-1-4 蝴蝶的眼睛（文后附彩图）

与大多数昆虫一样，蝴蝶也长着一双复眼，由15 000多只小眼组成。这些小眼上面大，下面小，似楔状的六边形。每只小眼的侧面都互相紧密地贴在一起，它们能同时看到不同的方向。但是，蝴蝶眼观六路的眼睛却无法聚焦，而且只能看到黑、白两色。因此，蝴蝶眼中的世界和人类眼中的世界是完全不同的——蝴蝶眼中的世界是模糊且没有色彩的。

虽然蝴蝶看到的世界是没有色彩的，但它的眼睛有着一一种特殊的

本领——它能看到人眼看不见的紫外线。研究发现，鲜花中的花青素和类胡萝卜素能够使花朵较树叶、草地等吸收较多的紫外线，蝴蝶就是凭借它特有的识别紫外线的 ability 找到拥有美味花蜜的花蕾的。

另外，蚂蚁、虾、甲虫等昆虫的眼睛也是复眼，它们各自又有什么特点呢？感兴趣的朋友可以深入探究一下。

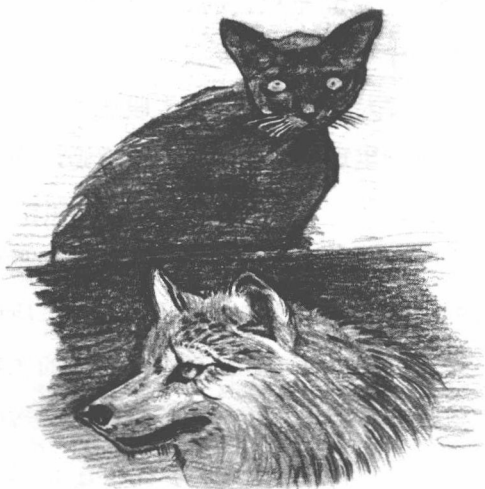


图 1-1-5 猫和狼的眼睛（文后附彩图）

三、发亮的猫眼

我们知道，许多动物的眼睛在晚上会发出亮光，比如，猫的眼睛会发出幽幽的绿光，狼的眼睛会发出可怕的黄绿光（图 1-1-5）。其实，这些动物的眼睛里并没有光源，不会主动发出光线，我们看到的动物眼睛的颜色实际上是反射晚上的月光或灯光等其他微弱光线所发出的颜色。可是，猫眼发出的光怎么不是月光的颜色或灯光的颜色呢？因为这些动物的眼底都有色素层，研究证实，这种色素层实际上是猫眼底的视觉细胞上所含有的视色素。猫眼底的视色素主要有蓝敏感色素、红敏感色素和绿敏感色素三种，一般以绿敏感色素为主。视色素在视觉细胞中呈螺旋状排列，在分子上属于一种液晶结构。当外界有微弱光线进入时，猫的眼底就会选择性地反射出与其螺距匹配的单色光。当外界射入的光线达到一定强度时，猫的眼底就会呈现出绿色、红色