



雨林故事

Rainforest story

2012年10月 第10期

“看我七十二变！”

蛛网“恢恢”为哪般？

巾帼须眉：雌雄蜘蛛孰更美？

树干上的“八脚怪” 银鳞蛛的“脱衣秀”



主办单位：中国科学院西双版纳热带植物园

编者的话

01 非同寻常的“蜘蛛侠”



专题

02 “看我七十二变！”——蜘蛛和它们的网

07 蛛网“恢恢”为哪般？

14 巾帼须眉：雌雄蜘蛛孰更美？

18 可怕的毒物？——那些被人误会的蜘蛛

23 树干上的“八脚怪”

28 银鳞蛛的“脱衣秀”



32 简讯

欣赏

38 环保漫画



人物

40 异视——国际著名生物学家 Richard T. Corlett
谈中国的生物多样性保护



趣谈

50 解密鸟类的“可口可乐树”

55 鸟儿的彩色视界

59 投稿须知

本期编辑成员

主 编

陈 进

副 主 编

朱鸿祥

责任编辑

赵金丽

封面摄影

云南白狼（马蛛）

非同寻常的“蜘蛛侠”

文/赵金丽 图/ 云南白狼

彼得在一次课外活动中意外地被一只受过放射性感染的蜘蛛咬伤后，获得具有蜘蛛一般的特殊能力：视力变得非常好、身手非常敏捷和灵活，具有超凡力量、拥有非常灵敏的超级感官和有预知危险的能力、手指有吸附的能力，能够像蜘蛛一样在墙上行走，甚至可以透过手掌的控制器来发射蜘蛛丝，从此，彼得成为拯救世界的蜘蛛侠。从漫画到动漫，再到改编为电影，这位美国版的超级英雄被全球各地的读者所认识，并成功地引起了年轻读者们的强烈共鸣。

然而，再美的科幻终究源于科学。科学地看，什么是蜘蛛呢？

“蜘蛛是节肢动物门蛛形纲蜘蛛目动物的总称，其身体分头胸部和腹部，中间以细的腹柄相连。头胸部有一对螯肢、一对触肢和四对步足；腹部后端生有可以纺丝的纺器（多为3对）。”



再科学地看，蜘蛛实际拥有哪些超凡能力呢？

主动攻击的蜘蛛拥有比蜻蜓最高准确十倍的视力；蜘蛛的脚没有伸肌，而是靠液压来伸展它们的脚，腹部具有能纺丝的丝腺，可以纺出六种以上的丝；很多蜘蛛用具有黏性的网当陷阱来捕捉猎物、等待伏击猎物或是直接追捕猎物，使用蜘蛛网或伏击战术的物种对空气、地面和丝线的震动极为敏感，它们以此作为警戒线；有些主动攻击的“猎人”对不同的猎物使用不同的战术，并且显示出了智能的征兆——它们对付困难的猎物时会尝试使用各种战术，而且它们在对付不熟悉的猎物时，也能很快地学会该使用哪种战术，甚至修改身体和行为模式，使它们能够在猎食时模仿蚂蚁。

正是由于蜘蛛多样化且不同寻常的行为，在很多艺术和神话中蜘蛛常代表耐心、残忍和创造力的各种组合的象征。蜘蛛网既是蜘蛛手中的有效利器，又是它们暂时的避风港或永久的居所，不同的蜘蛛都结哪些独特的网？千奇百怪、错综复杂的蛛网，说到底都是由一根一根的蜘蛛丝编织而成。那么，蜘蛛丝究竟为何物、又从何而来呢？弓长棘蛛（*Macracantha arcuata*），长长的棘刺，极像公牛的角，却为雌性蜘蛛的特征，雌性更美，这又为何？提及蜘蛛，人们都会毛骨悚然，将其直接纳入“可怕的毒物”的名单，事实上，蜘蛛究竟有多毒？人类是否应该“谈蛛色变”？树干的“八脚怪”又会上演哪些神奇的故事？银鳞蛛的蜕变是怎样一幅动人画面？本期《雨林故事》即将特别推出蜘蛛专题，跟随研究蜘蛛的科研人员、生态摄影师，一起去探寻大自然里非同寻常的“蜘蛛侠”！

（上图为狼蛛科马蛛属蜘蛛 云南白狼 /摄）（本期专题部分蜘蛛的分类特征得到西南大学张志升老师的修改与完善，在此表示感谢！）

蜘蛛和它们的网

“看我七十二变！”

文/ 甘文瑾



上图为园蛛科棘短刺苔娜蛛 (*Thelacantha brevispina*) 正在织网 姜虹 / 摄

“在雾天的早晨，夏洛的网真是一件美丽的东西。这天早晨，每一根细丝点缀着几十颗小水珠。网在阳光中闪闪烁烁，组成一个神秘可爱的图案，像一块纤细的面纱……”风靡全球的童话——《夏洛的网》，讲述了夏洛的蜘蛛通过在蜘蛛网上织字帮助小猪威伯摆脱被杀的宿命故事，书中有关生命与死亡、友谊与关爱的话题不仅让人掩卷深思，更激发了读者对蜘蛛和蜘蛛网的好奇心和求知欲。

和书中的夏洛一样，园蛛结好车轮形的圆网后，就静静待在网中心，守候着猎物的自投罗网。那么，所有的蜘蛛都依靠结网来捕食吗？它们白天和晚上都待在网上吗？蜘蛛如何抵御天敌的攻击？飞行的昆虫怎样应对蜘蛛布下的陷阱？……对于科研人员来说，这类关于动物生存繁衍和适应生存意义的问题，也牢牢吸引住了他们的注意力。

根据捕食策略的不同，科研人员们把蜘蛛分为两大类群：一类称为游猎型蜘蛛 (wandering spiders)：这类蜘蛛有着较为发达的视觉系统和敏捷迅速的跑跳移动能力，它们采取游猎和突然袭击的方式捕抓猎物；另



园蛛科的蜘蛛结好车轮形的网之后，就静静待在中心区，守候着猎物的自投罗网，姜虹 / 摄

一类是结网型蜘蛛 (sedentary web spiders)：结网型蜘蛛又划分为不规则网和规则网。蜘蛛网既是它们手中的有效利器，又是它们的避风港。这两大类群的蜘蛛物种丰富且数量庞大，其中结网蜘蛛所结出的网，以及相应的生存策略防御机制更是多种多样。下面就介绍几种大自然中既常见又有趣的蜘蛛和它们各具特色的网。

结网蜘蛛的不规则网

螳螂 (Ctenizidae) 的圆盖网

螳螂科的蜘蛛 (右下图) 常年生活在地下，它们会在地表面上结一面类似圆形盖子的网，这面网与周围环境浑然一体，无论是我们人类的肉眼、猎物还是天敌都很难发现。这张圆形盖状的网四周连着很多长长的“信号丝”，这些信号丝的作用是用于帮助蜘蛛有效定位猎物：当猎物从网附近经过，一旦触碰到信号丝，信号丝的震动就会马上被躲在地下的蜘蛛捕捉到，根据震动信号迅速判断方向、频率和强度，蜘蛛可以精准定位猎物所在的位置，进而进行捕食。



漏斗蛛 (Agelenidae) 的漏斗网



漏斗蛛科蜘蛛及其漏斗网（图片来源网络）

漏斗蛛科的蜘蛛又叫做草蛛，主要生活在植物的叶片中、房屋的角落里和岩石夹缝间。构成漏斗网的主要部分是一张漏斗状的水平网，漏斗网的一侧连着一根丝质管，就像漏斗端口的长管一样，管口所通向的地表深处正是漏斗蛛的绝密藏身处。

吊叶蛛 (*Acusilas*) 的网上“吊床”

园蛛科吊叶蛛属的蜘蛛多栖息于树林，常以树叶做巢。它在枝叶交叉处结不规则小网，在网的中央悬挂一片收集来的枯叶，蜘蛛就躲在卷曲的枯叶中，既能藏匿自己躲避天敌，又能避免阳光直射和遮风挡雨，两全其美！

褙网蛛 (*Psechridae*) 的“网衫”褙褙

褙网蛛科的蜘蛛主要生活在中低海拔山区，喜欢在干枯的山坡或洞穴筑巢。网型不规则，褙网通至巢穴内有一个圆状的出入口，整张网型就像流浪汉的褙褙衣衫，看似褙褙却百密无一疏，因而得名褙网蛛。

地蛛 (*Atypidae*) 的长筒网

地蛛科的蜘蛛生活在地下，主要集中在树木底部和根基周围。这类蜘蛛的螯肢发达，粗大有力，打洞挖掘能力尤其突出。它们会先织好约30厘米长、类似丝袜状的长筒管，质地细密且防水。长筒底部一端直通地表并延伸到地下，筒身部分紧贴在树干表皮，另一端开口置于离树根基部不远处。蜘蛛就安心待在地下部分的筒管中守候猎物。一旦接收到猎物误入管内开始挣扎的振动信号，它就迅速出击，用发达的螯肢穿过筒管的丝面逮住猎物，再把猎物



左上图：褻网蛛（Psecridae）的“网衫”褻褻；
右上图：吊叶蛛（Acusilas）的网上“吊床”；
下图：地蛛（Atypidae）及其长筒网（图片来源网络）

拖到网内慢慢享受美味大餐。

结网蜘蛛de规则网

妖面蜘蛛（*Deinopidae*）“撒网捕鱼”

与前面介绍的几种捕食策略相比，妖面蛛的捕食行为尤为特别。它先织好一小块平面网，将小网置于头胸部位置的步足之间。然后让自己在远处固定好位置后倒挂，头胸部朝下，一有飞行的小虫从下方飞过，就迅速用胸前的这块小平面网一把将猎物罩住，像渔夫撒网捕鱼那样，非常有趣！

扇妖蛛（*Hyptiotes*）的三角网

妖蛛科扇妖蛛蜘蛛通常织三角形网。它们会在合适的树枝之间结网，并用力拉紧三角网的一端。一切就绪之后，蜘蛛便待在树枝上守候，而不是像大多数结圆网的蜘蛛那样，待在自己的网中心。当猎物撞到网上时，蜘蛛立马松开网的一端，用三角网紧紧包裹住误入的小昆虫，它们就这样成了蜘蛛的囊中物。更有意思的是，妖蛛科蜘蛛的外



妖面蜘蛛进行“撒网捕鱼” 姜虹 /摄

形和树枝非常相似，这种拟态也能够很好的帮助它躲避天敌的攻击。

流星锤蛛 (Mastophoreae) 的致命流星锤

流星锤蛛 (Bolas spiders) 是园蛛家族中非常有趣的类型，有些长得像一坨鸟粪，不仔细看完全辨认不出，已有的假说认为，这种外形特征是为了避免白天被天敌发现；还有一些流星锤蜘蛛从外形上看像蜗牛壳，它们大都生活在有蜗牛生活的生境中。与典型的园蛛科蜘蛛搭建圆网不同，流星锤蜘蛛会分泌出一种特化蜘蛛丝，这种丝呈球状，具黏性且内含吸引特定昆虫的化学物质。它们将黏球置于一根直线状的蛛丝末端，远远看去像一把流星锤，流星锤蜘蛛就用步足在半空中来回挥舞着这把末梢有黏球的流星锤。黏球内所含的化学物质可以吸引到特定的蛾或蝇类（蛾蚋科），上当的昆虫被黏球黏住后，就成为了流星锤蜘蛛的盘中餐。

无论蜘蛛还是昆虫，每一种生物在自然选择过程中，都演化出了属于自己独特精妙的生存策略。正如《眷恋昆虫》的卷首语所说：“令人着迷的是事物的复杂程度，而不是它们的绝对大小……一颗星星比一只昆虫简单”。除了以上这些奇妙有趣的现象之外，大自然还给我们留下了许许多多待解的奥秘和未知的乐趣，值得我们一一去思考，去体验，去探索。

作者简介：甘文瑾，女，在读博士研究生，研究方向为动物行为学。

扇疣蛛的三角网（左图）以及流星锤蛛的致命流星锤（右图）（图片来源网络）





园蛛科艾蛛属蜘蛛及其亮丽的网
云南白狼 / 摄

蛛网“恢恢”为哪般？

文 / 刘胜杰

千奇百怪、错综复杂的蛛网，说到底都是由一根一根的蜘蛛丝编织而成。这些看似纤弱却极具韧性的蜘蛛丝究竟为何物？它又从何而来呢？

解密蛛丝蛛迹

蜘蛛丝的主要成分是一种叫做蜘蛛素的混合蛋白质。这种蛋白质主要含有7种氨基酸，分别为丙氨酸（占42%），甘氨酸（占25%），谷氨酸（占10%），亮氨酸（占4%），酪氨酸（占3%），丝氨酸（占3%）。在电镜下仔细观察，蜘蛛丝的结构并非是一根直线，而是呈现出链珠状的结构。这种“链珠”的内部具有拉伸力很强的丝质蛋白，当猎物撞到网上时，链珠能够起到缓冲的作用，并且“链珠”外面被粘性物质包裹，具有粘性，能够黏住猎物。蜘蛛网上只有螺旋丝具有这种“链珠状”的结构，辐射丝和框架丝没有，所以，蜘蛛在网上行走时，才不会被自己的网黏住。

“猪八戒一见美丽的女妖，春心荡漾，却被蜘蛛精从肚脐孔冒出的丝绳紧紧缚

住.....”在《西游记》「七情迷本，八戒忘形」回合中，蜘蛛精吐出缠人蛛丝的秘密武器是肚脐孔，显然自然界中蜘蛛是没有肚脐孔的，它们吐丝的器官是纺器，位于其腹部中间或者后端。纺器为指状构造，多数为三对，即六个。三对纺器按照着生位置的排列，分为前纺器、中纺器和后纺器（也称为前侧纺器、后中纺器和后侧纺器）。每个纺器上有许多可以纺出蛛丝的纺管，每个纺管又内部连着各种丝腺。一根蛛丝是由几个纺管分泌的丝组成的。蜘蛛丝有不同的类型，分别来自6种以上不同的丝腺，行使的功能也各有不同。有些蜘蛛单独一个纺器上就有多达一百个以上的纺管，不同种间或种内的雌雄个体之间，纺管的数目也不是完全相同。

圆网是如何进化的？

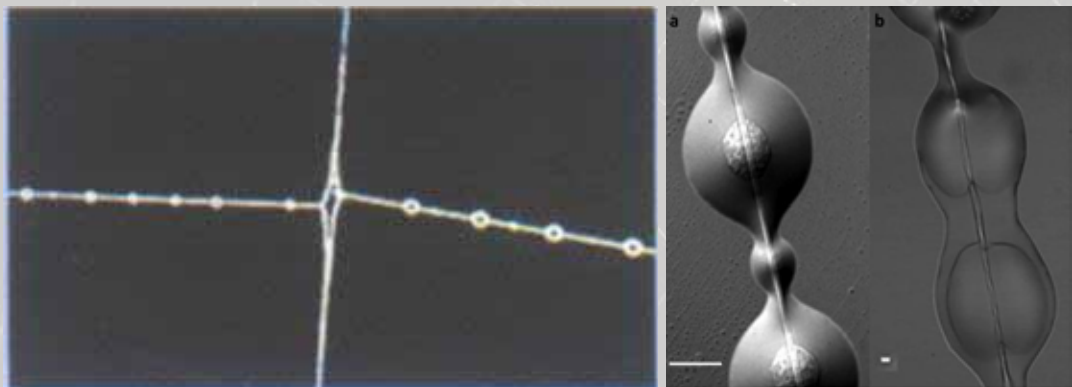
结圆网的蜘蛛占世界总蜘蛛多样性的1/4左右，和它们相比，大多数结网蜘蛛的网是不规则的。例如结不规则网（Cobweb，球蛛科Theridiidae）和皿网（sheet web，皿网蛛科Linyphiidae）的蜘蛛几乎占据了现存结网蜘蛛类群的一半。另外，还有很大一部分类群的蜘蛛依靠发达的视觉系统，采取游猎的方式来进行捕食，而非依赖蜘蛛网。

圆网是最为常见的蜘蛛网，由螺旋丝，框架丝，辐射丝这几个基本部分组成。古老的圆网和现代圆网在各自进化历程中依然保留了相似的外观结构，但组成这两种圆网的捕获丝却截然不同：较古老圆网的捕获丝为干性多孔（dry cribellate）结构，而现代圆网的捕获丝为水性粘质丝（aqueous viscid silk）。干性多孔的捕获丝的形成过程分为两个步骤：蜘蛛首先纺出多孔捕获丝中心的轴丝，然后再把细小的小纤维安装到轴丝上面，从而组合为具有功能的捕获丝。这个过程很耗时，织一张这样的蜘蛛网大约需要3个小时。相比较而言，水性粘质丝的生产过程要简单快捷很多，蜘蛛会同时纺出中心轴丝和粘性物质，然后粘性物质会自动形成胶性液滴，完成一张蜘蛛网只需要30分钟左右。其次，这两种不同的捕获丝发挥作用的方式也完全不同。水性粘质丝由可吸水的化学胶所包裹，从而保持了丝的粘性；而干性多孔丝的小纤维和水结合在一起的时候，干

蜘蛛吐丝的武器，左图为《西游记》中的蜘蛛精从肚脐吐丝，右图为蜘蛛的纺器（图片来源网络）



考题 | FEATURE



左图：蜘蛛网上的辐射丝（纵向）和螺旋丝（横向）；右图：在电镜下面，蜘蛛丝呈现出来的念珠状的结构（图片来源网络）

性多孔丝会失去粘性。由于干性多孔的捕获丝和水性粘质丝的功能和生产过程如此不同，很多科学家把由这两种蜘蛛丝所组成的蜘蛛网作为蜘蛛多样性进化史方面的经典案例来研究。需要注意的是，这两种不同进化方式的蜘蛛在结网时的行为是大体相似的，如蜘蛛的步足在纺丝时候的移动方式大致相同，在外型上也有很多相似之处。想要准确推测圆网的进化起源还需要了解圆网的转型和丢失，以及相应的结网行为。

蜘蛛网结构的转变和蛛丝的特化在决定蜘蛛多样性的进化方面也起着一定的作用。从进化角度来看，圆网的捕获丝是一个重要的进化标志：即水性粘质捕获丝取代了干性多孔捕获丝。这种改变主要引起了圆网两方面的变化：首先，由于用于制造捕获丝中心纤维上蛛丝的不同，捕获丝的张力也相应地发生了改变。水性粘质丝的中心纤维丝是由鞭状的丝（flagelliform silk）组成的，而干性多孔捕获丝的中心纤维丝是由假鞭状丝（pseudoflagelliform silk）所组成，鞭状丝比假鞭状丝更具有弹性。从力学角度来看，鞭状丝的功能就像橡胶，依靠熵（entropy）来抵制丝分子的运动和吸收猎物撞到网上时产生的动能。相比较而言，假鞭状丝则依靠分子键的永久断裂来吸收动能，当猎物撞到网上时，蛛丝则会产生不可逆的变形。第二方面的主要变化是粘合力的机制问题。干性多孔捕获丝是通过范德华力达到粘合效果，而水性粘质丝是通过吸湿所产生的化学反应达到粘合效果，后者能够使蜘蛛网在单位面积内产生更大的粘合力，这种变化也有利于水平网到垂直网的转变——垂直网会增加猎物拦截率，这显然更有利于蜘蛛的生存。

以往人们认为圆网有两个起源点，但是最新研究表明，圆网起源于一点：一种依靠基底结构的网，这种网类似于灌丛中的皿网。通过蜘蛛网的系统发育图可以看出，现存的大部分蜘蛛都起源于RTA分支类和圆网蛛类（Orbiculariae）这两大类群，而这两大类群的祖先都是结网型的蜘蛛，都是

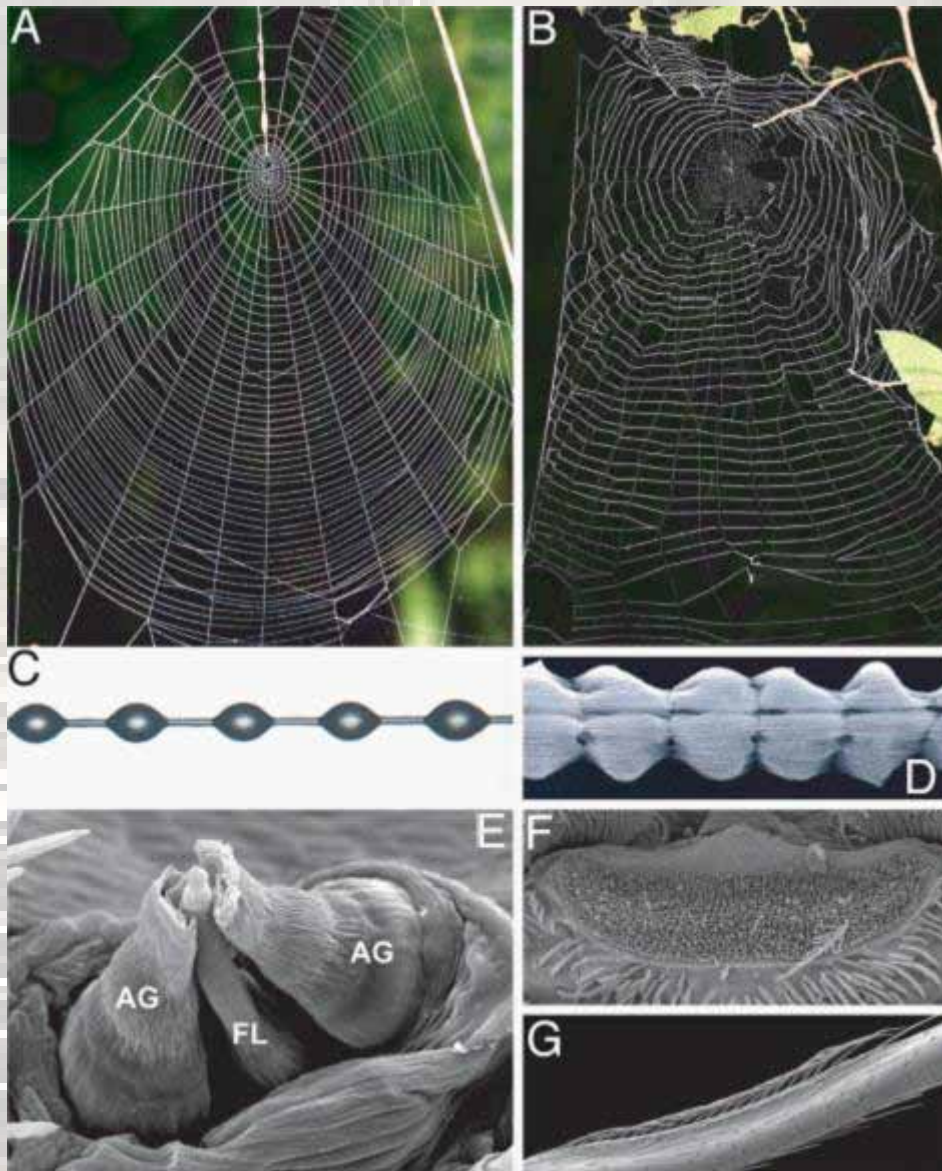
小知识： 蜘蛛是如何结网的？



蜘蛛结网一般分为五个步骤：

- 1：蜘蛛会先向空中放出一根长长的“搜索丝”，任其随微风或气流飘荡；
- 2：一旦这根搜索丝缠到其他物体上，蜘蛛就马上爬过去将另一端加以固定，必要时还会再加上一根丝，以增加强度。这样，蜘蛛网的“大梁”就搭好了。接着，蜘蛛会放出一根悬垂丝，并在这根丝的中段加上第三根丝成Y字状。
- 3：蜘蛛把Y的底端固定，形成蜘蛛网最初的3根不规则半径；
- 4：蜘蛛再加上50多条辐射丝才会形成一张网的雏形；
- 5：接下来的工作是铺设螺旋线，编织成网。不过，螺旋线可不是一次铺成的。蜘蛛首先要以网心为起点，织出一根自内向外的螺旋线，当做下一道工序的“脚手架”。

考题 | FEATURE



上图：现代的圆网（A）和较为古代的圆网（B）外形结构的比较。现代圆网中捕获丝的结构（C）和较古老圆网中捕获丝的结构（D）。现代圆网蜘蛛的纺管可以像流水线似的纺出蛛丝（E），而叫古老的圆网蜘蛛需要多步骤合成蛛丝（F和G）。（图片来源网络）



园蛛科棘腹蛛的吐丝器 杨云 /摄

起源于一种依靠基底结构、类似皿网的网。现代的这些蜘蛛所结的网属于皿网，其网的结构如蛛丝本身结构和蛛丝的相互连接方式等不同于祖先，但是，这些蜘蛛所结皿网的形状在一定程度上也会受到结网地点的限制，这一点与祖先相似。因此，现代多样化的RTA分支类和圆网蛛类都是与这些结类似皿网祖先蜘蛛的相关变形。与其它蜘蛛类群相比，RTA分支类和圆网蛛类的蜘蛛种类占已知蜘蛛种类的2/3，种类多样性非常高，只是这两个类群的绝大多数蜘蛛已不再结皿网或用干性多孔丝结网。总的来说，圆网的进化趋势是：随着蜘蛛结网行为的规范，圆网的几何结构也越来越整齐划一。

其它蜘蛛网的进化

园蛛类群中蜘蛛种类比较丰富的科是皿蛛科（Linyphiidae）和球蛛科（Theridiidae）。这两个科的蜘蛛分别独立地从圆网进化为悬挂在空中的皿网，并且它们所结的皿网与古老蜘蛛的皿网有明显不同，主要表现在两个方面：一是这两科蜘蛛所结的皿网位于空中；二是皿网的结构不是杂乱无章的，而是很规则的。

研究表明，影响皿蛛科和球蛛科蜘蛛演替的原因可能是蜘蛛为了进一步降低结网的成本，减少了胶滴（glue）的使用。皿蛛科的蜘蛛网只含有很少的胶滴，并且总是缺少粘性丝；球蛛科的乱网只是在有粘性的蜘蛛丝（sticky gumfooted threads）末端才有胶滴。这种



球蛛科的蜘蛛和它的卵囊，悬挂在网上 姜虹 /摄

胶滴变化延续了两种不同进化关系（干性多孔丝和水性粘质丝）的圆网中胶滴的变化趋势。有趣的是，无筛器的圆网蜘蛛是已知的唯一一个会定期循环利用它们所结蜘蛛网的类（利用方式是将旧的蜘蛛网吃掉，再重新结出新网）。比较而言，皿蛛科和球蛛科的蜘蛛择不会循环利用它们的网，但寄生性蜘蛛 *kleptoparasites* (Argyrodoinae) 会寄生在圆网上，取食寄主的蜘蛛丝，这意味着圆网的蜘蛛丝是一种有价值的资源。

蜘蛛除了能够织出水平或垂直的一维圆网之外，有一些蜘蛛还会结多维度的网。例如球蛛科和皿蛛科的蜘蛛都会结三维网，这种网能够使蜘蛛避免被天敌捕食，特别是寄生蜂。在自然界中，蚂蚁种群数量十分丰富，很多蜘蛛对其避而远之，而很多球蛛科的蜘蛛却专门捕食蚂蚁，这两类蜘蛛独特的捕食行为促使了蛛网外形和形状上的多元化。已有的研究表明，蜘蛛结网的行为并不是高度稳定的，也非蜘蛛捕食策略的最佳选择，但这却是研究蜘蛛行为学的多样性和多元化的重要基础。因此，关于蜘蛛的研究工作还有大量的未知正等待着科研人员的进一步探索和开拓。

作者简介：刘胜杰，男，在读博士研究生，主要从事生态学研究。

巾帼须眉：雌雄蜘蛛孰更美？

文/图 刘光裕



在动物界，雄性动物一般拥有强大而雄壮

角，如水牛、驼鹿等等，但在蜘蛛的世界里，有的是雄性更漂亮，有的是雌性更漂亮。2011年在澳大利亚发现的孔雀蛛（跳蛛一种），雄性比雌性漂亮，雄蛛在追求雌性时，能打开一层彩色的膜，如孔雀开屏一般美丽。弓长棘蛛（*Macracantha arcuata*），背上长着一对长长的、弯弯的角，好似水牛的牛角一般。有意思的是，这些角特别长的蜘蛛几乎都是雌性——弓长棘蛛却与“常识”不同，雌性拥有更加漂亮的角。

弓长棘蛛，长长的棘刺，极像公牛的角，但这是一只雌性蜘蛛。雌性更美，引人深思。云南白狼 / 摄



美丽失衡之因

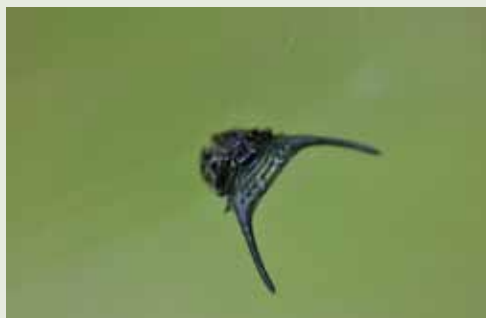
雌性比雄性更大、更漂亮，这与常规的雄性动物更健硕、美丽的“常识”绝然相反。为什么雌性蜘蛛更漂亮呢？在庞大的蜘蛛种类中，跳蛛、猫蛛等种类雌雄个体差别不大，而园蛛科的一些蜘蛛往往雌性个体较大、雄性较小，在毫不起眼的雄蛛面前，雌性自然就更加漂亮。

为什么雄性蜘蛛比雌性蜘蛛小？从达尔文开始，这个问题困扰了一代又一代的自然爱好者。当一个世纪过去之后，随着研究的增多，看法也越来越复杂。科学家对蜘蛛的这种反常现象做出了各种各样的解释，最著名的理论是：噬夫行为。雌蛛在交配时候，往往将雄性当做食物杀死、吃掉，以补充营养。这种杀夫的行为对雄性进行了选择，当然雄蛛也不会坐以待毙。雄蛛的主要选择动力则是，如何更容易找到雌蛛，或者即便被杀之后，如何保证自己的基因依然能够流传下去。杀夫与繁殖间的矛盾，导致雌性对雄性偏离，雌性更为美丽，而雄性则越来越小，甚至小到不足以给雌蛛塞牙缝，让雌蜘蛛放弃取食的地步（Current biology, 2011），但这种简单的说法仍不足以解释蜘蛛的雌雄二态性。

另外一种看法则是块头大的雄性虽然打架厉害，可以在同性间夺取雌蛛，

上图：成熟的弓长棘蛛大概有成人小手指甲那么大小，背部颜色多变，有蓝褐色、暗红色、白色、黄褐色等多种形态，背部有三对棘刺，只是中间一对发育得很长，像牛角一般。

下图：弓长棘蛛不仅颜色差异大，且形态差异较大。



但由于发育速度慢，在与雌蛛的幽会中并不占优势，还是个头小的好（*Journal of Evolutionary Biology*, 2008）。也有观点认为，个体小的雄蛛更容易通过蛛丝移动，越小的蜘蛛越容易跑到其它地方，增加了遇到雌性的几率，从而增加了将基因传给下一代的机会（*BMC Evolutionary Biology*, 2010）。

当然，问题也可以反过来看，为什么雌性比雄性大呢？一种说法是，个头大的雌性产更多的卵，可以孵化更多的蜘蛛宝宝。或是二者有之，块头小的雄性可以跑得更远，遇到姑娘的概率更大，而块头大的雌性则能生更多小蜘蛛，香火更旺（*BMC Evolutionary Biology*, 2010）。

当然美有多种界定，有形态美、颜色美、内在美等等。美更是一个人为定义的概念。在一些蜘蛛类群中，雌蛛比雄蛛更美，主要的原因是雌雄个体差异较大。雌性个头大，易于被人发现，描述，而雌性个头小，很难觉察。这种差异在蜘蛛的社会中也有其行为、遗传等方面方面的原因。

复杂难解的生命

生命世界的复杂之处就在于极难找到诸如物理、数学中那种公式般的完美定理。不同的种类，行为之间差别极大，哪怕是遗传结构相近的物种，行为可能截然不同。也有研究证明，在有些种类的蜘蛛中，雌性更倾向于吃个头小的雄性，和雌性个头相仿的雄性在交配之时，被捕杀啃噬的几率比个头小的雄蛛低的多。或许，雌蜘蛛吃老公只是一个进化的副产品，在雌雄大小分化的过程中，恰好出现的一个现象罢了（*The American Naturalist*, 2008）。

以上所述的故事均是在自然环境或相对比较“自然”的环境下蜘蛛的选择，若是雌性蜘蛛饿了好一阵子，结果就不一样了：饥饿的雌蛛更喜欢个头大、更帅气的雄蛛，往往吃掉个头大的雄蛛。而随着年龄增长，雌蛛依然喜欢个头大



哈氏棘腹蛛。棘刺发育不如弓长棘蛛那么夸张，但所见着几乎均为雌蛛，雄蛛太小，一般不容易见。



准备交配的金蛛：雄蛛很小（上），颜色灰暗，丑陋；雌蛛较大、花纹复杂而美丽

的，变得没那么挑剔了(Animal Behavior,2011)。

蜘蛛虽有趣，但由于人类与生俱来的恐惧感，喜欢去细细观察欣赏的人并不多。全世界蜘蛛有4万多种，中国对蜘蛛的了解非常有限，著作也不多。1982年《云南高原稻田主要害虫天敌资源调查总结》中记录云南有80种蜘蛛；1996年《滇西南茶园蜘蛛名录》报道茶园蜘蛛116种；较全面的是1999年的《中国蜘蛛》

(The spiders of china)一书中介绍云南有284种蜘蛛。2006年河北大学杨自忠的博士论文《云南蜘蛛区系以及演化研究》为首次系统化地研究云南蜘蛛，3年时间内共记录了663种蜘蛛，其中发现有26种新种，共计257种为云南特有物种。2008年，科学院郑国博士《西双版纳热带雨林蜘蛛多样性研究》一文中，记录到林冠层蜘蛛463种，树干蜘蛛226种和30个科的地表蜘蛛。由于不少蜘蛛种类还未鉴定完，我们现在还不能告诉自己，西双版纳到底有多少蜘蛛，就更遑论这些特有种、濒危种的有趣故事了。

作者简介：刘光裕，男，硕士，主要从事环境教育工作。



文\李仲

可怕的毒物？
——那些被人类误会的蜘蛛

上图：正在捕食的巨蟹蛛 云南白狼 / 摄

提到蜘蛛，绝大多数人的反应都是：好可怕、“五毒”之一、八条腿的多毛虫子等等，无不纷纷避而远之。而事实上，蜘蛛既不在“五毒”之列，也不属于昆虫家族。蜘蛛属于节肢动物门蛛型纲蜘蛛目，与昆虫纲的六条腿昆虫只能说是远亲；民俗传说中的五毒则是蛇、蜈蚣、蝎子、壁虎和蟾蜍，只不过某些小说把蜘蛛作为“五毒教”的圣物供奉起来，这才让蜘蛛背上了莫须有的骂名。那么究竟蜘蛛有没有毒呢？答案是肯定的，除了妩蛛科，几乎所有蜘蛛都有毒，但为什么蜘蛛没有被列入“五毒”呢？且听我慢慢道来。

蜘蛛有毒，这和它的习性有关。在自然界中，蜘蛛或主动出击，或守株待兔，捕食方式五花八门，猎物虽有大有小却都是活物，因此它们需用毒液来麻痹或杀死猎物。从某种程度上来说，快速麻痹才是毒液的主要用途，致死作用只是其次的。

从化学角度来说，蜘蛛的毒液是多元性的，包含有很多不同的成分，主要是一种大分子的神经毒多肽酶和较小的生物胺及氨基酸的混合物，有些也会发现有蛋白酶。因为几乎所有的蜘蛛都有毒腺，所以它们都是有毒的——至少对它们的猎物而言是有毒的。然而，在4万多种蜘蛛中只有大约200种对人类是有危险的，其中只有4个属的蜘蛛有可能造成死亡。

在这些危险的毒蜘蛛中，最有名的莫过于“黑寡妇”了。“黑寡妇”的学名为红斑寇蛛 *Latrodectus mactans*，属球蛛科 Theridiidae 寇蛛属 *Latrodectus*，最明显的外部特征是腹部的红色漏斗状斑纹，雌性在交配后因为饥饿会吃掉没来得及逃跑的雄性而得名。黑寡妇蜘蛛的毒液属于神经毒，人类被咬后，伤口本身并不是特别疼，甚至不会被注意到。第一次真正的疼痛会发生在10-60分钟后的淋巴结区域，然后扩散至肌肉并发生强烈的肌肉抽搐。另一个典



版纳捕鸟蛛 云南白狼 / 摄

考题 | FEATURE



左图：被传得神乎其神的就是“捕鸟蛛”（科名Theraphosidae）
右图：在这些危险的毒蜘蛛中，最有名的莫过于“黑寡妇”了。“黑寡妇”的学名为红斑寇蛛*Latrodectus mactans*（图片来源网络）

型的症状是扭曲的面部表情，被称为“脸部毒蛛中毒症”，主要表现为脸部潮红、大量出汗、眼睑肿胀、嘴唇干裂和咀嚼肌收缩，如果胸部的呼吸肌受到影响，最终会导致死亡。虽然这些听上去非常可怕，但实际上黑寡妇蜘蛛只分布在北美，其致死率还不到1%——完全是小概率事件！

另一种被传得神乎其神的就是“捕鸟蛛”了。捕鸟蛛只是原蛛下目捕鸟蛛科Theraphosidae(也称为狒蛛科)蜘蛛的统称。之所以称其为捕鸟蛛，是因为当初发现这一类蜘蛛时误以为它能够捕食小鸟，但是否能捕鸟，也是个有待商榷的问题，因为捕鸟蛛生活在地下洞穴里，小鸟能够到洞口而被捕捉的机率实在是太低了。捕鸟蛛属于较原始的蜘蛛，其全身密生细毛。尽管它们体型很大，却远没有人们认为地那么危险。一旦被捕鸟蛛咬伤，对小鼠或昆虫来说可能是致命的，但对人类来说，还不如被黄蜂蛰得糟糕，而且大多数的捕鸟蛛性情温顺，不会主动攻击人，现在已经作为宠物而大受追捧。捕鸟蛛在中国只有广西、云南和海南有分布。

相对于“捕鸟蛛”，异纺蛛科Hexathelidae蜘蛛的危险性就高多了，因为它们的攻击性强，非常凶狠，体型也较一般的蜘蛛大，被它们咬上一口可是很疼的。在澳大利亚，悉尼大疣蛛(学名：壮阿特蛛*Atrax robustus*)很危险，它的咬伤会引起剧烈疼痛、颤抖、肌肉抽搐、视力下降，甚至呼吸中枢麻痹。有趣的是，其毒液对灵长类有强烈效果，而狗、猫和兔子则几乎对其免疫。尽管如此，近一个世纪以来全球也只有10余起致死案例是由这种蜘蛛造成的，而自从1981年悉尼大疣蛛的毒液抗毒血清被发现之后，

专题 | FEATURE



左图：美洲褐隐蛛*Loxosceles reclusa*

右图：悉尼大疣蛛(学名：壮阿特蛛*Atrax robustus*)

(图片来源于网络)

再也没有报道过此类死亡或重伤事件了。

另一种比较危险的蜘蛛是刺客蛛科Sicariidae隐蛛属的美洲褐隐蛛*Loxosceles reclusa*，人类被它咬伤后，会引起局部肿大和皮肤肌肉坏死。其毒液主要作用的酶是神经鞘磷脂酶，能够造成伤口加深，不易治愈。其毒液也是溶血性的，这可能会导致肾衰竭，有时也会导致死亡。不过，绝大多数隐蛛属的蜘蛛对人都是无害的。

所有蜘蛛中毒性最强的是南美的栉足蛛科Ctenidae游蛛属*Phoneutria*的蜘蛛。与上面所述的大多数危险蜘蛛不同，栉足蛛极具攻击性。它们的咬伤非常疼痛甚至能引起休克。以巴西游蛛(学名：黑腹游蛛*Phoneutria nigriventer*)为例，每次攻击都能注入大约8mg(干重)毒液，这个剂量在理论上足够杀死300只小鼠。然而，其咬伤对人类并不致命，或许是因为蜘蛛进行防御性攻击时，其毒液的注入量对人类来说并不算多。大多数受害者会在一到两天内康复，只有很少一部分人需要使用血清治疗。据报道，2006年在巴西共有2700人被巴西游蛛咬伤，其中也只有0.5%-1%的人出现了严重的中毒反应。

站在统计学的角度来讲，人类被蜘蛛咬伤远不如其它比如蜜蜂、胡蜂、大黄蜂等叮咬更危险，数据显示，每年死于



上图：巴西游蛛(学名：黑腹游蛛*Phoneutria nigriventer*)每次攻击都能注入大约8mg(干重)毒液，这个剂量在理论上足够杀死300只小鼠。然而，其咬伤对人类并不致命(图片来源网络)

蜂蜇的人要远远多于被蜘蛛咬的人——这是因为在日常生活中，我们更容易遇到那些膜翅目昆虫而不是蜘蛛，而且通常遇到的是一大群蜂。

从生物学观点来看，蜘蛛毒素的主要功能是麻痹猎物——也就是昆虫或其它小型无脊椎动物；对于大型动物(包括人类)的防御式反击是次要的。有些蜘蛛拥有强力且快速作用的毒液，这是因为它们会捕食更危险的猎物，如蜜蜂、大黄蜂或其它蜘蛛。相比之下，很多结网的蜘蛛在攻击猎物之前会小心地用蛛丝把猎物缠起来，它们的毒性就弱了很多。

中国自古就有“蜘蛛集则百事喜”的说法，劳动人民对蜘蛛的喜爱可见一斑，又怎么可能把蜘蛛算作“五毒”之一呢？更何况，从前文的内容中我们可以明确一点：真正对人类有危险性的蜘蛛中国一种也没有。因此，“谈蛛色变”其实是极不科学的。

作者简介：李仲，男，硕士研究生，从事蜘蛛的生态与行为学研究工作。

树干上的

文图 范毅

“八爪怪”

峰回路转处，我们的目标环境转向道路两边的树干，果然有了新的收获——树干上发现了曾经只有一面之缘的多斑裂腹蛛(*Herennia multipuncta*)





上图：幼年时期的裂腹蛛主要依靠鸟巢一般的网窝来捕食
下图：幼年时期的裂腹蛛正在进食

结束了一天的拍摄，我们一行人早已筋疲力尽。西双版纳的四月，天气异常炎热，我们匆匆地吃了少许晚餐，通过相机回放，回味着白天在55KM处拍到的稀奇物种。不知不觉，天色暗了下来，气温也降了，一瓶冰镇啤酒过后，身体也感觉凉爽多了。

不用说，夜间的重头戏又开始了——林中夜拍。来不及休息，我们迅速备好摄影器材，带上头灯、手电、涂好丛林防蚊药出发了。

沿着熟悉的吊桥进入植物园（中国科学院西双版纳热带植物园），阵阵蝉鸣蟋叫声像浪一样冲击着耳膜，这才拉开了生命乐章的序幕。我们用手电搜寻着道路两边的植物，细看上面有没有夜间活动的精灵。结果半小时过去了，期待的物种寥寥无几。回想往年的四月，这里早已是蛙声一片，就连树蛙都下到低处鸣叫。可今年因为连数几月的干旱，百竹林里那些早早掉落的竹叶，一路扬起灰尘——曾经这里是大姬蛙最喜欢的环境啊……如今却只能看见有几只狼蛛被吓得乱窜。

可不能就这么空手而回！峰回路转处，我们的目标环境转向道路两边的树干，果然有了新的收获——树干上发现了曾经只有一面之缘的多斑裂腹蛛(*Herennia multipuncta*)，还有长着细长纺织器的波纹长纺蛛(*Hersilia striata*)和亚洲长纺蛛(*Hersilia asiatica*)。



上图：成年之后会贴着树干几厘米高度，织出一张不规则长方形网，包住树干，粘住想要停在树干上的小飞虫
下图：一只不幸的蜉蝣被它的网粘住，无法挣脱而死去



神奇的“硬币蜘蛛”

裂腹蛛属 (*Herennia*) 蜘蛛属于络新妇科Nephilidae，英文名也叫“硬币蜘蛛”(coin spiders)。为什么叫“硬币蜘蛛”呢？原来罗马帝国国王德西乌斯(公元249-251年)的妻子叫Herennia，硬币上印有她的图像，后来，瑞典蜘蛛学专家Thorell便以Herennia来命名该属蜘蛛，这便有了“硬币蜘蛛”之称。

裂腹蛛背甲黑褐色，两侧缘或上间具浅色斑，背甲边缘具颗粒状小疣突。螯肢粗壮，步足黄褐色至浅褐色，具少量短而细的刺。目前该属在我国仅有1种，分布于海南、云南和台湾等地。

该类蜘蛛雄蛛要明显小于雌蛛，约为雌蛛体长的1/4，性行为的不同寻常之处在于，雄蜘蛛通过触肢将精子注入到雌蜘蛛体内后，会主动切断自己的触肢，连同精子一起遗留在雌蜘蛛的外雌器中，如此“忍痛割爱”，就是为了阻止其它雄蜘蛛与这个雌蜘蛛交配，从而有力保证了它的基因能够顺利遗传到后代。

长纺蛛并不织网，和其它地蛛一样，行动的时候会从尾部纺器织出“保险绳”（如下图），防止自己不慎跌落





长纺蛛捕食的方式和狼蛛相似，以自己拟态的身体，融入在环境当中，伺机扑食

不织网的长纺蛛

长纺蛛属 (*Hersilia*) 蜘蛛属于长纺蛛科 *Hersiliidae*, *Hersilia* 名字源自罗马神话的一位女性，她是罗穆卢斯 (罗马神话中开国国王) 的妻子，在罗马历史学家李维著作描述中，*Hersilia* 是个非常仁慈、贤德的开国王后。

长纺蛛最显著的特征是后纺器极长，一般与腹部长度相当或超过腹部。尽管有这么多的纺器，但长纺蛛并不像园蛛一样靠织网捕食。除了和其它蜘蛛一样，可以把丝作为“保险绳”，之外，还织成薄片状卵囊，将卵固定在树干或石壁上，防止跌落。长纺蛛头胸部长宽相当，身体相对较扁，头部稍高。8眼异型，前侧眼白色，其余各眼黑色。二眼列均强后曲。螯肢弱小，无侧结节。步足细长，左右伸展，腹部扁平。通常它们在光滑的树干上或石壁上活动，体色和环境非常接近，静止时难以发现。长纺蛛行动极为迅速，当猎物从它身边经过时，它会迅速出击并捕获猎物。此外，这类蜘蛛还具有很强的护卵行为，当雌蛛产卵后，它便一动不动地守在卵囊旁边，对胆敢来偷食“宝宝”的不速之客会毫不留情。

作者简介：范毅，男，毕业于云南财经大学广告系，2007年开始从事自然生态摄影，现为自由摄影师、自由撰稿人、生态解说员、生态摄影讲师、IBE影像生物多样性调查所成员、云南昆虫学会会员等。



銀鱗蛛的
脱衣秀

文图 邹强

那是一个大山深处的凌晨。 “哎哟呀呀——哎哟呀

当时我们正在拍一只小铁甲， 呀！”

但因铁甲突然起飞，我们只好一路追踪铁甲的飞行路线，结果铁甲撞上了蛛网，被蜘蛛捕获，当蜘蛛正要吃铁甲的时候，我意外地发现附件这只美丽的蜘蛛正在蜕变！

其实蜘蛛蜕壳的速度蛮快的，由于当时山里的风比较大，蜕壳的蛛不断地晃动，这给我的拍摄带来了一定难度。我屏住呼吸，抓住合

专题 FEATURE



“加油，就差最后一步，
抽出我的附肢就好了！”

焦的那一刻，连续拍了十几张，最终记录了整个蜕变的美丽过程。

一般来说，幼蛛孵化后，要经过多次蜕皮才能成熟，蜕皮的次数和体型大小正相相关。通常蜘蛛会倒挂在一根蜕皮丝上进行蜕皮，蜕皮过程分为3个连续阶段：抬升甲壳-解放腹部-抽出附肢。

感谢网友spider的鉴定，此蛛为肖蛸科（Tetragnathidae）的银鳞蛛属（*Leucauge*）。

银鳞蛛属蜘蛛广泛分布于热带地区，与其它蜘蛛相比，银鳞蛛最明显的特征是第四步足具有两排纤长、弯曲的毛束。多数情况下，银鳞蛛也是潜伏在网的中间，等待猎物的主动送上门来。

专题 FEATURE



“快了，快了！”

“啊哈——我的附肢终于解放啦！”

专题 FEATURE



“哎呦喂！这真是个体力活，累死俺了！”

“好饿啊，赶紧切断蜕皮丝，去寻我的早餐啊！”

作者简介：邹强（网名：乐佛），本科，长期从事企业管理工作，业余生态摄影（昆虫、鸟类）五年多。

人类对蛇和蜘蛛恐惧为后天习性

想起蛇和蜘蛛，不少人会感觉毛骨悚然。美国研究人员说，人类对蛇和蜘蛛的恐惧并非天生，而是后天习得。

这一研究报告由2011年1月一期《最新心理学指南》（Current Directions in Psychological Science）双月刊发表。

实验发现

美国拉特格斯大学的瓦妮莎·洛比与卡内基-梅隆大学以及弗吉尼亚大学研究人员共同组织实验。

在一个实验中，他们在7个月婴儿面前并排摆放两台电视机，同时播放动物画面。其中一台电视播放蛇的画面，另一台播放大象等不可怕动物的画面。动物画面出现时，研究人员会播放可怕或欢快的声音。

结果显示，听到可怕声音时，婴儿关注蛇画面的时间更长，不过没有害怕表现。

在另一个试验中，研究人员用屏幕给3岁孩童展示9张照片，然后让他们按指令做出选择。结果显示，孩子们指认蛇照片的速度远远快于指认花和其他动物照片。怕蛇与不怕蛇的孩子指认蛇照片的速度相当。

不同结论

“实验表明，我们倾向于更快地发现蛇和蜘蛛，同时把它们与不好的东西，比如恐怖的声音，联系在一起。”英国《每日邮报》1月25日引述洛比的话报道。

她说，孩子能迅速辨认蛇，继而迅速学会害怕它们。

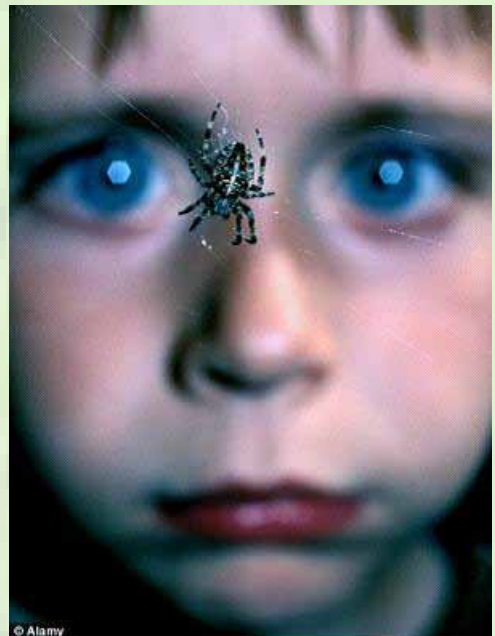
不少科学家先前认为，人类对蛇和蜘蛛的恐惧经数百万年进化而来。有一种说法是，人类之所以害怕蜘蛛和蛇是因为它们有毒，自然选择让那些懂得害怕并远离蛇和蜘蛛的人更容易活下来。

不过，洛比的实验显示，小婴儿虽然能更快辨认出这些有潜在危险的动物，但他们并不惧怕蛇，这说明这种恐惧并非先天形成。

学会害怕

先前有实验表明，人经过“练习”，可以“学会”害怕几乎任何东西。

瑞典卡罗琳医学院的阿恩·奥曼曾进行实验。她给志愿者展示蛇、蜘蛛、花和蘑



菇的照片，同时对他们进行电击。随后，志愿者一看到这些东西就会感到恐惧。不过，蛇和蜘蛛的“威力”持续更久。

西北大学的苏珊·米内卡也进行过类似实验。她发现，在实验室中长大的猴子并不怕蛇，但“学习”害怕时，它们学会害怕蛇的速度远远快于学会害怕花和兔子的速度。

“奥曼和米内卡的研究说明，有两点让蛇和蜘蛛与其他东西不同，”洛比说，“首先是我们能迅速发现它们，其次是我们能很快学会害怕它们。”（来源：新华网）

独居蜘蛛生存能力强于群居蜘蛛

一提到蜘蛛，给人的印象往往都是离群索居、凶狠好斗，甚至还会同类相残。不过确实确实有一些蜘蛛还是能够和平共处的。

比方说栉足蛛（*Anelosimus studiosus*）家族中的一些种类，它们的雌蜘蛛会建立一个聚居地，并且共同承担一些诸如维护蜘蛛网、哺育子代等工作。

这些社会化程度很高的蜘蛛妈妈与其他蜘蛛比起来，性格要温和许多。比如，它们对撞上蛛网的猎物反应没有那么强烈，并对掠食者表现出更多的敬畏。不过为了这种谦谦君子温润如玉的态度，它们也付出了自己的代价。

2010年12月，在一篇发表在《生态昆虫学》（*Ecological Entomology*）杂志上的文章中，研究人员分别从独居和群居的蜘蛛网上采集幼年雌蜘蛛，然后把它们转移到新的蛛网上，观察它们独立讨生活的能力。

实验结果表明，成功长到成年的独居雌蜘蛛要远远多于社会化的蜘蛛，前者的数目是后者的2倍还要多。研究人员认为，这可能是那些好斗的雌蜘蛛能够捕获更多的猎物。这也许解释了在大自然中，为什么“友好”的蜘蛛简直是凤毛麟角——在将近40000种蜘蛛中，只有不到50种具有社会生活的习性。（来源：科学时报）

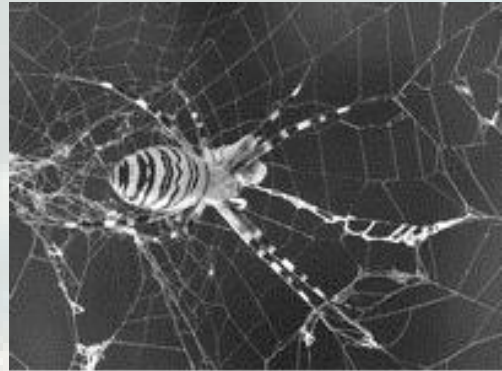


蜘蛛如何织网最结实

面对扑过来的饥肠辘辘的蜘蛛，被丝网捉住的苍蝇可没有工夫欣赏这个工程学的杰作。幸好科学家们有的是时间。一项新的分析表明，错综复杂的蛛网设计展现了蛛丝的独特性能是如何将这张网络变成牢固的陷阱的。

并未参与该项研究的美国波士顿大学的生物材料学家Joyce Wong认为：“这项研究非常有创意。”

剑桥市麻省理工学院（MIT）的材料科学家Markus Buehler指出，蛛丝是一种非凡的材料。仅仅一根蛛丝便能够悬挂下降的蜘蛛。在拉伸后，蛛丝会开始伸长，有时能够达到原始长度的两倍，但最终它会再次变硬。



在这项新的研究中，Buehler和同事发现，使得蛛丝适于构建蜘蛛网的并不仅仅是这些优点。蛛丝的非线性应力反应（在低应力时是线性的，在应力增加时会突然变软，然后在断裂前又变硬）也是关键的。这种行为使得蜘蛛网在受到较小的、分散的负荷（如风所施加的负荷）时能够保持其形状。但在强局部变形过程中（如下落的碎片所造成的变形），蛛丝的几何重排和非线性应力反应会综合作用，来限制撞击点附近区域所受到的损坏，从而使蜘蛛网仍能发挥功能。

研究人员在2012年2月出版的《自然》杂志上报告了这一研究成果。

Buehler表示，这种“牺牲”局部，保全整体系统功能的特点值得现代工程学借鉴。目前按常规设计制成的汽车、飞机等产品会在所受外力超出一定限度后整体散架，如果能模拟蜘蛛网的特点，也许能让这些产品在部分受损时不影响整体功能。（来源：中国科学报）

蜘蛛是世界第二大对振动敏感动物

据国外媒体报道，最新研究表明蜘蛛是世界上对振动最敏感的生物之一，仅次于蟑螂。处于饥饿之中的蜘蛛对振动的敏感性更为强烈，可以探察到最安静的移动和气流变化，以及接近无法探测到的振动。

这项最新研究发表在2011年10月英国皇家学会《界面》期刊上，事实上蜘蛛的整个身体是一个敏感体，可以探测到所在路径的任何事物。世界知名蜘蛛研究专家弗列德里-巴斯是该研究合著作者，他说：“蜘蛛身体上不同区域内嵌着超

过3000个应变传感器，但多数位于腿部和复合器官上，例如邻近腿部关节的振动接收体。”

巴斯和研究负责人奥地利维也纳大学神经生物学家克莱门斯-沙伯，以及基尔大学同事斯坦尼斯拉夫-古珀共同完成这项研究工作，他们使用白光干涉法来首次测试蜘蛛复杂的微力学变化，这一过程结合了光学仪器的光波，从而能够探测到这种小动物非常精确的移动变化，例如蜘蛛应变传感器上的作用力。蜘蛛的应变传感器上包含着可接收本地移动的琴形器官微型分叉，科学家能够以纳米等级测量分叉的敏感性，发现伴随着振动减弱，分叉的敏感性也相应减弱。



沙伯和研究同事是对一只成年雌性大型中美流浪蛛进行研究的，它的体积和令人印象深刻的捕猎才能，非常适合于科学家研究蜘蛛的习性，并且此前也曾对该物种研究过。沙伯说：“我们的蜘蛛通过植物叶片接受振动，通过植物和蜘蛛网传递的振动，如果是生物等级活动特征，蜘蛛就会发动攻击。如果振动源显示不是猎物参数信息，蜘蛛就会不发动攻击或者逃跑。”

因此蜘蛛可能探测到人类或者其它动物的存在，但除非这些侵入者活动类似于典型的猎物，蜘蛛是不会发起攻击的。基于这样敏感的探测能力，蜘蛛经常将时间用于没有意义的狩猎中，这与它们的敏感接受信息信息不相符合。近期美国辛辛那提大学生物学家乔治-尤兹和同事希拉-戈登研究蜘蛛习性发现，当一些蜘蛛物种想要交配时，会发出一种独特的性吸引振动，通常是在落叶上发出振动来吸引异性关注。蜘蛛的敏感探测能力并不受喧闹环境的干扰影响。

如果一只蜘蛛未“探测”到你的存在，事实上它可能是已从视觉、嗅觉或者味觉上察觉到你。沙伯解释称，蜘蛛拥有很好的视力，且对低亮度物体保持敏感性，但除了低瞬间分辨率条件下。在蜘蛛触须上一种叫做“须肢”的微型化学感应毛发传感器还可接收气体，雌性蜘蛛可释放一种特殊的费洛蒙香味来吸引雄性。蜘蛛还有更多的奇特习性，通过这些独特功能可以帮助科学家来研制新型装置，用于医学、军事、商业和其它潜在产业应用。（来源：搜狐科学）

蜘蛛丝热导率可媲美金属

美国爱荷华州立大学Xinwei Wang教授对棒络新妇蛛和金丝蜘蛛织出的蜘蛛丝的性质展开了研究。

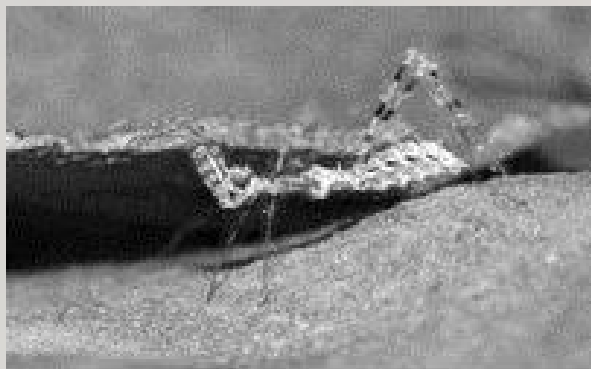
研究发现，这些蜘蛛丝，特别是用于固定蛛网的拖牵丝，其热导性能胜过大多数材料，包括一些热的良导体（如：硅、铝、纯铁等），是蚕丝的1000倍、其他有机材料的800倍。测量显示，蜘蛛丝的热导率为416 W/m·K。而铜的值为401，皮肤组织的值为0.6。这是人们发现的热导率最高的有机组织，只有少数材料比它更高（如：银、金刚石）。

此外，研究者还发现，蜘蛛丝被拉伸时，热导率也会上升，蜘蛛丝拉伸20%，热导率也会提升20%。这一性质来源于蜘蛛丝完美的分子结构，包括含有纳米晶的蛋白质以及连接蛋白质分子的弹簧形结构。蜘蛛丝的高热导性加上它自身的高强度高韧性，令它可能在柔性散热电子部件、织物等领域发挥作用。相关研究工作发表在2012年4月《先进材料》（Advanced Materials）上。（来源：中国科学报）

看长腿杀手如何诱捕蜘蛛

有时蜘蛛也会成为其它动物的猎物。至少当食虫椿象（*Stenolemus bituberus*）发动袭击时是如此。

这种生着细长腿的昆虫（如图所示）通过停留在蛛网上，并像被缠住的猎物一样挣扎，从而将蜘蛛引向死亡，并最终将它们作为大餐吃掉。为了搞清这一骗术是如何奏效的，科学家将蛛网放置到一间声室中，并记录了当一只食虫椿象、一片落叶、一只求偶的雄蜘蛛，或是两类猎物（果蝇或蚜虫）



中的一种触碰蛛网时发出的震动。蜘蛛对食虫椿象的反应最接近于其对猎物的反应：65%的时间里转身、踌躇并靠近，以及35%的时间里转身但不靠近。然而研究人员在2010年的英国《皇家学会学报B卷》网络版上报告说，蜘蛛从未挑衅性地接近食虫椿象。科学家认为这反映了食虫椿象经过深思熟虑的战术。通过仅是发出急速、低频的震动，捕食者模拟了小型或是疲惫的猎物的挣扎，从而欺骗蜘蛛消除了它们的警惕。（来源：《科学时报》）

马达加斯加发现世界上最大最坚实蜘蛛网

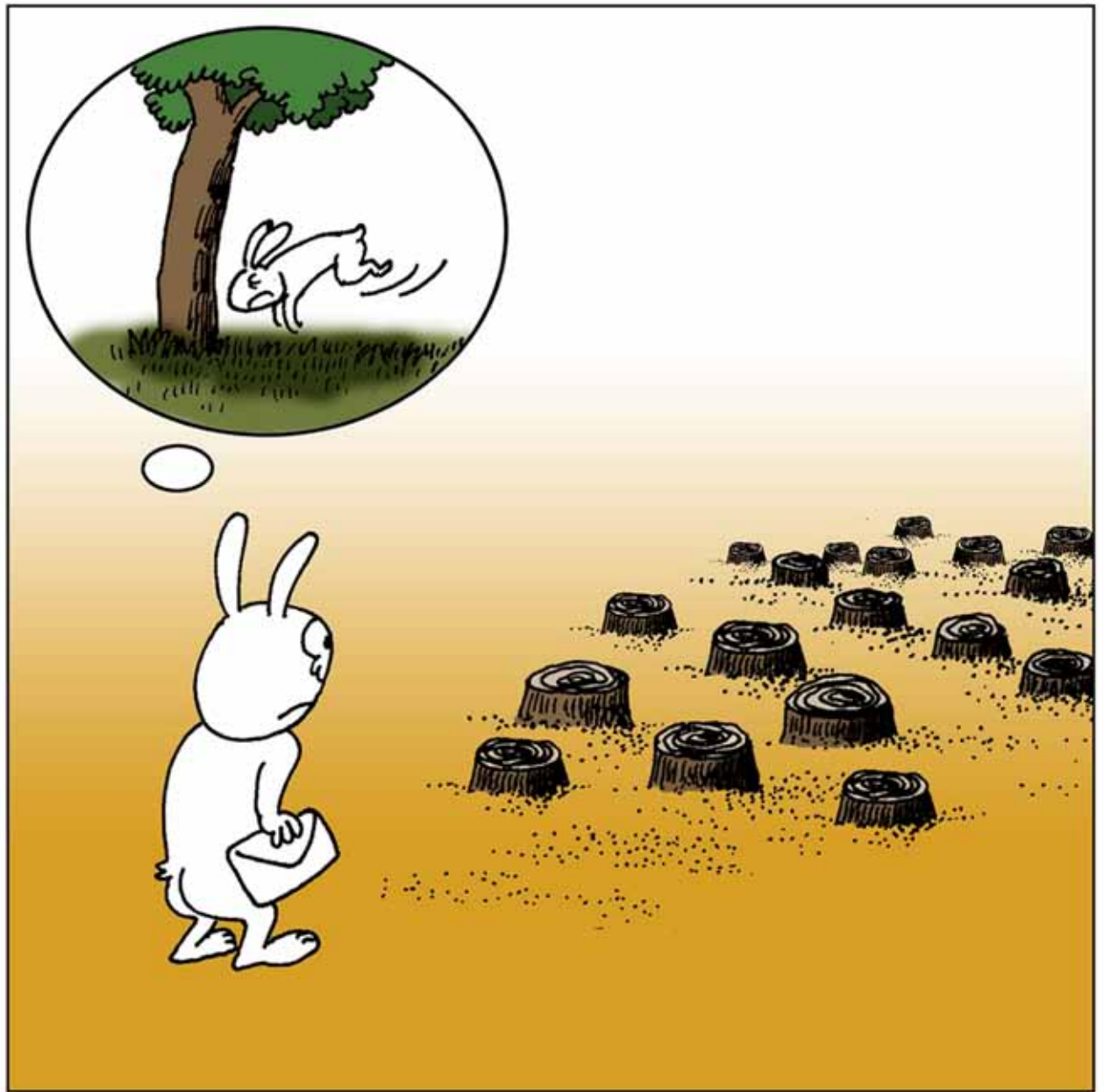
2010年，科学家在观察一个尚未命名的蜘蛛种类织网，这个种类可能是达尔文吠蛛的近亲，碰巧也生活在马达加斯加岛的安达斯比·曼塔迪亚国家公园。这个蜘蛛网的中心圆形结构的



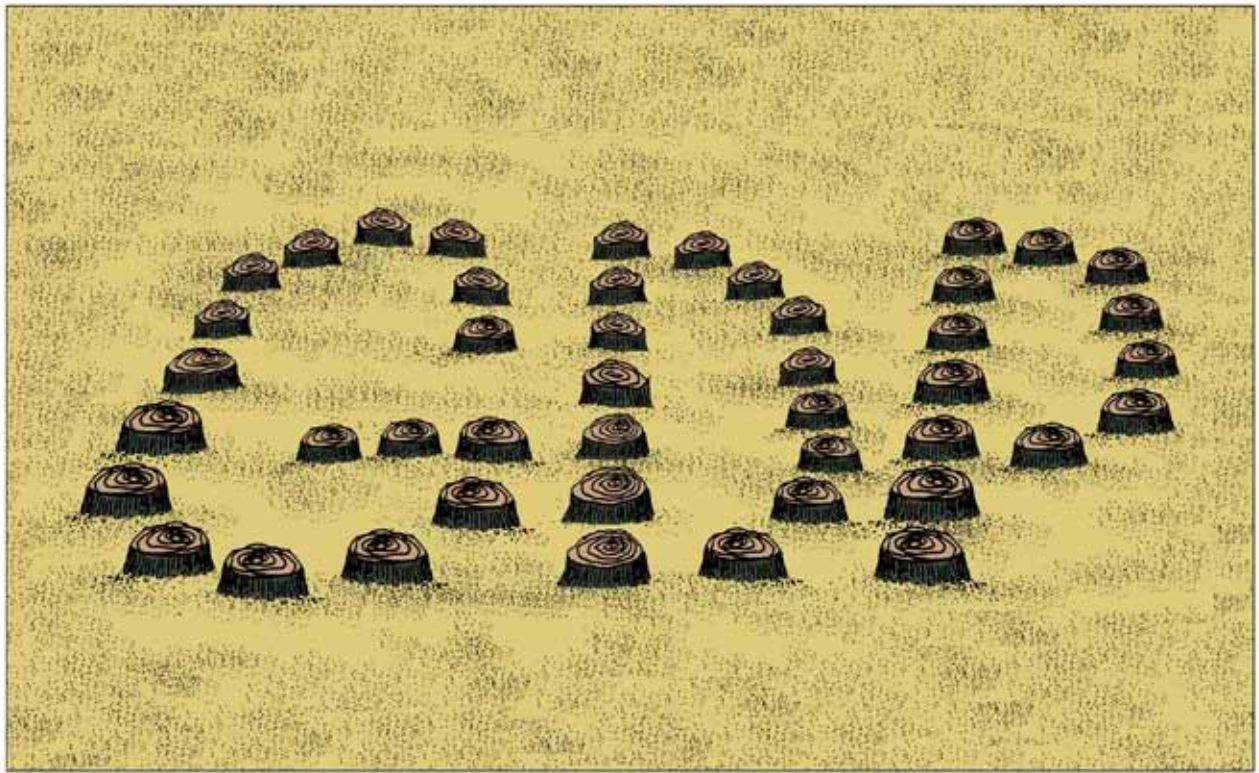
宽度大约为3英尺(约合1米)。相比之下，达尔文吠蛛的中心圆形结构的宽度最多为9英尺(约合3米)，不过，达尔文吠蛛蛛网多数要比这个小得多。

在了解到达尔文吠蛛的存在以后，阿格纳尔森的研究小组最想知道的一件事是，它如何织出可横跨河两岸的蛛网，例如位于马达加斯加岛安达斯比·曼塔迪亚国家公园的这条河，照片摄于2010年。阿格纳尔森称，一名护林员说“达尔文吠蛛可以像人猿泰山一样荡秋千：它们挂在丝网上，来回游荡。我们试图验证这种说法，而结果证明这并不是真的。”不过，小组成员马特加斯·格雷戈里克发现了达尔文吠蛛确实具有一项独特的本领，他将来会在科学期刊上进行描述。

在这张摄于2010年的照片上，阿格纳尔森正在研究达尔文吠蛛蛛网。他希望，对达尔文吠蛛的研究有助于揭开有关蛛丝的种种谜团。他说：“几乎所有针对蛛丝的研究都集中在一种或两种蜘蛛身上，即大木林蛛和金蜘蛛。我们希望对蜘蛛多样性展开更为广泛的研究。没有理由认为大多数科学家研究的两个典型蜘蛛，就是织出最好蛛丝的蜘蛛种类之一。”(来源：新浪环球地理)



始料未及 (周锐 / 绘)



代价 (周锐 / 绘)

作者简介：周锐，70后，出生在大别山下，成长于黄河岸边，90年开始业余漫画创作，断断续续画了20年，至今已在100多家报刊杂志发表漫画作品2000余件。

国际著名生物学家 **异 视**
Richard T. Corlett谈中国的生物多样性保护
赵金丽 采访/图 翟艳红 /译

Richard T. Corlett简介

Richard Thomas Corlett教授1980年博士毕业于澳大利亚国立大学，系世界著名的热带生物学学者，曾在泰国清迈大学、中国香港大学任教。30多年来一直在热带亚洲从事生物多样性保护研究工作，取得了一系列重要的科研成果，在《Biodiversity Conservation》、《Trends in Ecology & Evolution》、《Tropical Forest Community Ecology》等重要国际期刊上发表了近200篇研究论文，并著有《Tropical Rainforests: an Ecological and Biogeographical Comparison》、《The Ecology of Tropical East Asia》、《Singapore Biodiversity: an Encyclopedia of Natural Environment》等12部专著。该教授在近期被国际热带生物学与保护协会ATBC (The Association for Tropical Biology and Conservation) 选为2012年执行主席，并被政府间气候变化专门委员会IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) 指定为IPCC第五次评估报告 (2014) 第24章《亚洲》的主要撰写人。2012年出任中国科学院西双版纳热带植物园综合保护中心主任、生物多样性研究组组长，并入选中国第七批“千人计划 (外国专家项目)”。



东亚&东南亚

《雨林故事》：您出生在英国，但您成年后大部分时间都待在东亚热带地

区。您从什么时候开始在这个地区做研究的？为什么选择这个地区呢？

Richard：我第一次来东亚时还是剑桥大学的本科生。应该是在1975年的暑假，我的一个朋友申请到一些资金做野外工作，我就去马来西亚和泰国帮他做了一些，但那时一直都想回英国。在澳大利亚读博期间，我去新几内亚做了一些野外工作。在那里，我认识了我的妻子。她是泰国人，后来回到泰国清迈大学教书。所以，在1980年，我也去清迈大学工作了。从那以后，我就一直待在这个地区。

《雨林故事》：《东亚热带生态学》（The Ecology of Tropical East Asia）是第一本描写从中国南部到印度尼西亚西部、整个东亚热带亚热带陆地生态的专著。

当时您编写这本书的主要动因是什么？这是您多年科研工作的总结吗？

Richard：因为我曾在香港工作，我对中国南部的情况相当了解。我也曾在泰国和新加坡工作，并在印度尼西亚做过野外工作，所以，我熟悉东亚这个地区的基本概况。此外，我在这个地区从事了30年的教学工作，我知道这里没有这方面的书。泰国的学生不知道印度尼西亚和中国发生的事情，越南的学生也不了解在印度尼西亚发生了什么，甚至印度尼西亚的学生对本国其它地区发生的事情都不了解。因此，这本书的出版可以让学生更直接地了解整个东亚的生态概况。打个比方，这里的一个学生正在研究灵猫，可能泰国的一个学生、马来西亚的另一个学生同时也在研究灵猫，因为缺乏交流，尽管在同一区域，但他们彼此并不了解。因此，我们需要这样一本综述类的书。

《雨林故事》：在《东亚热带生态学》一书中，您将中国南部至印度尼西亚西部的区域界定为东亚，为什么您不称这一地区为“东南亚”？这两个词有什么不同吗？

Richard：出版商也提到这个问题。他们认为应该采用“东南亚”，因为人们都知道“东南亚”。但问题是如今的“东南亚”是政治意义上的地理界定，如东南亚国家联盟（ASEAN）。从政治意义上讲，东南亚不包括中国，却包括东印度尼西亚和巴布亚岛（印度尼西亚的一个省），因此，从逻辑上来讲，中国南部至印度尼西亚西部的区域属于东亚地区，但从政治意义上来说却不是。另外，从地理分界来看，中国热带地区属于“东南亚”，但从政治意义来说，它又不属于“东南亚”，为了避免这一矛盾，我当时就称统称为东亚热带地区。我不确定这样做是否正确，或许我还是应该称这个地区为“东南亚”。

TIPS:

《东亚热带生态学》为读者提供了东亚地区的生态资料和更大的研究背景。中国南部和印度尼西亚北部之间并没有真正的生物意义上的界限，西部的安达曼群岛、琉球群岛和东部的菲律宾、苏拉威西岛之间亦然。



上图：如今的西双版纳，放眼望去，满目皆是橡胶林，一环一环地环绕在山的周围

中国生态现状

《雨林故事》：据您所知，中国南部的生态现状如何？西双版纳呢？

Richard：我在香港生活了19年，从这个层面上讲，我在中国已经待了很长时间。中国南部的生态环境被破坏得相当严重，特别是从1950年以后，大规模的人类活动干扰使得生态环境每况愈下（可能现在的干扰水平还低些）。不过，我相信以后情况会有所改善，人们会更加关注生态环境。这也是这次会议在西双版纳举行的原因，我们在讨论这些环境问题。中国南部的人口密度非常高，因此，它不同于亚马逊流域或者刚果热带雨林。从气候与生态的角度来看，中国南部属于热带地区，但从人口角度来看，它更像欧洲而不像其它热带地区。如今，欧洲的天然林所剩无几，而英格兰南部却已荡然无存。所以，现在的广东省更像是英格兰南部，而不是亚马逊流域。

《雨林故事》：西双版纳也是这种情况？

Richard：西双版纳的变化太快了。20年前，我第一次来到西双版纳，当飞机降落在景洪机场的那一刻，展现在你眼前的是各种各样的生态景观：山顶生长着茂密的森林，山坡上种着各种的农作物，还有山谷里的水田、小村庄……可如今，当你再站在景洪机场，放眼望去，满目皆是橡胶林，一环一环地环绕在城市周围。从生态的角度而言，这里的情况变

得越来越糟糕，但换个角度，从当地居民的角度出发，他们可能比以前富裕了十倍甚至一百多倍（我不了解具体情况），所以很难说这种变化是好还是坏。

植物园（中国科学院西双版纳热带植物园）没有发生很大的变化，仍是我所熟悉的、亚洲地区最好的植物园。只是，当你在山脚下四处张望时，会看见周围到处都是橡胶林，而在20年前，这里至少有一半是原始森林。

“唯影响田子论”

《雨林故事》：据我了解，在大学里，您是一位非常受欢迎的教授。您是如何教育大学生和研究生的？换言之，您是如何使得学生对生态学与保护生物学产生兴趣的呢？

Richard：我认为应该把大学的教学当做一种职业，就像教初中和高中一样。唯一不同的是教大学不需要培训，而教中学却需要，所以你得在教学上下大功夫。我以前是一个很糟糕的教师，但经过大量的实践摸索之后，教学水平才日益见长。总之，本科生的教学是件艰难的工作，应该多实践。

对于研究生的教学，情况则不同。因为你所面对的是专注于某个研究领域的学生。相

下图：橡胶树的树皮经环割后，流淌出“白色金子”

右图：橡胶地里随处可见各种被废弃的农药瓶





上图：蝗虫无法在橡胶园中生存，便迁徙到附近的国有林

反，本科生通常不需要自己决定要做什么样的研究，他们完全按照老师指示做事情。我教的本科学生中有一半对生态学毫无兴趣，他们更乐于学习生物技术或者微生物。研究生和本科生在这点上完全不一样。所以，我认为吸引特定专业的研究生有两个途径，其一是对这一领域感兴趣的本科生，其二是其它国家的留学生。

《雨林故事》：您是国际期刊《生物保护》（*Biological Conservation*）的编辑，《生物保护》是被SCI收录、高影响因子的学术期刊。目前，中国的“唯影响因子论”现象非常普遍，对大多数科研人员而言，如果他们发表论文的影响因子越高，其成就感会越强，也更容易申请到基金。您是如何看待这种现象的？

Richard：我想这种现象并不好，但目前，我们没有更好的评判标准。不光在中国，整个亚洲都是这样。科研机构 and 大学开始采用影响因子的高低来评价科研工作者的成绩，以求短期内迅速提升研究的质量。中国科学院是这样，中国知名大学亦是如此。有的学校所做的研究根本就没人阅读，也没人感兴趣。同样的事情也发生在印度和印度尼西亚，很多其他国家也是如此。不管怎样，我认为这是一个很好的过渡期。

同时，“唯影响因子论”也带来了许多负面影响：比如，全新的领域研究比较难发表文章，科研人员不愿承担这样的风险，从事这种创新研究的热情就会减少。大的科学问题，尤其是生态学方面的，通常需要五到六年的研究，甚至是七年才能解决。如果每年用发表文章的影响因子来评价你的工作，那么你不适合从事这种长时间的研究。你得选择做短期的“时髦”的科研项目，得做美国人感兴趣的东西，因为现在是美国和欧洲的期刊主宰科研界。在中国和印度尼西亚，科研人员应该可以从事本国所需的科研项目。不管怎么样，中国还有一些期刊被SCI收录，但印度尼西亚没有SCI期刊。所以尽管我对印尼的生态问题很有兴趣，却不能开展这方面的研究，这就没意义了。诚然，“唯影响因子论”可以

让科研人员站在全球的角度思考问题，但他们在广泛思考的同时，更需要从本土研究的需要出发，在这点上，我想“唯影响因子论”有其局限性。

《雨林故事》：《生物保护》期刊接收什么类型的文章？作为编辑，您对从事生态与生物保护方面的科研工作者们有何建议？

Richard：近年来，《生物保护》期刊收到大量的投稿文章，多数来自中国和印度。目前，在送出去评审之前，我们直接拒绝半数以上的文章。每周我大概会收到6至7篇文章，其中我也会直接拒绝3到4篇。文章一旦被接受，就意味着这不再只是一个研究工作，而应该能吸引国际同行的兴趣。比如在西双版纳，如果你从事保护生物学相关的工作，你的工作应该要引起全球读者的兴趣，产生国际影响。因此，我认为将研究工作展示给国际同行是最关键的。

经济发展VS.生物多样性保护

《雨林故事》：众所周知，随着经济的发展，全球的热带雨林都在减少，生物多样性也在降低。换言之，“贫穷从来都不美丽”。当人们渴望提高收入的同时，他们正在破坏周围的环境。因此，经济发展的代价就是生态环境的破坏。您如何看待热带地区的经济发展和生物多样性保护之间的关系？可以给我们举个例子吗？

Richard：这是问题很有意思。在过去的20年中，保护与发展的平衡在热带地区发生了很大的变化。我认为西双版纳地区还需要在脱贫和保护生物多样性之间进行权衡。然而，在热带地区，真正威胁热带雨林的不是穷人，而是富人。在印度尼西亚，大部分的森林被砍伐，种上了油棕，这种破坏不是穷人干的，而是拥有大公司的富人所为。所以，这不仅仅是



上图：油棕的种子，在印度尼西亚，大部分的森林被砍伐，种上了油棕



上图：当地居民却不会在贫困和生物多样性之间进行很好的权衡，大面积种橡胶、茶叶，不断提高他们的经济水平。图为西双版纳一傣族村寨的现貌

贫穷、经济发展和生物多样性的较量问题。事实上，每个国家在历史上都经历过以自然资源换取财富的阶段。重要的是在资源与资金对弈中，即使是在自然资源最少的时候，都有足够的自然资源被保存了下来。所以，当我们给予生物多样性极大的关注时，发现还有相当多的物种尚未灭绝。

因此，我认为关键的是要保护各种类型的生态系统、保护所有的物种。这就意味着我们必须控制捕猎，还得学习如何保护我们几乎一无所知的热带雨林生态系统。尽管目前我们已经开展了一些这方面的研究，但是还远远不够。可以肯定的是，西双版纳的生物多样性在过去的20年里降低了，当地居民的贫困程度也降低了——因为这里可以种橡胶。所以，对许多当地居民来说，这是件好事。然而，从整个中国的角度来看，约10%的物种是在西双版纳，但当地居民却不会在贫困和生物多样性之间进行很好的权衡。我想，从国家的层面来讲，中国政府应该花更多的精力保护这个地区的生物多样性。我想，可以采取的措施之一是为土地所有者支付一定的费用以鼓励他们保护生物多样性。同时，我们还要学习如何进行生态系统的恢复。虽然至今我们仍不知道如何恢复热带雨林，但我们必须得学习。

《雨林故事》：关于热带雨林的生物多样性保护，您认为最大的阻碍是什么？环境教育在生物多样性的保护中起什么作用？

Richard：主要的阻碍是这个地区的人口太多。东亚是热带雨林人口最密集、经济最发达的地区之一。我们倾向于认为穷人对热带雨林产生的影响更大，实际上，伴随着穷人的



上图：青山绿水之间显露出仍是大面积的橡胶园（中间露出的部分）

财富和对生活水平期望的增加，穷人在本地区的确是产生了相当大的影响力。这里，人们都在看同样的电视节目，他们知道这个世界上其它地区的人是如何生活的，都向往中产阶级的生活方式。但是东亚热带地区的人口有十亿多，十亿多人都想过上中产阶级的生活，这对环境产生的影响是巨大的，比美国和欧洲加起来的总和都要大。因此，保护热带雨林的生物多样性任务非常非常艰巨。

《雨林故事》：环境教育在生物多样性的保护中起什么作用呢？

Richard：这很明显，环境教育起着非常重要的作用。以欧洲为例，那里的年轻人都有很强的环保意识，政府也制定了相当积极的环保政策。比如在我的祖国——英国，所有三个政党在全球气候变化和减少碳排放方面都制定了强有力的政策——这就是环境教育的结果。然而，环境教育成效很慢，环境的变化却异常迅速，而且对成年人进行环境教育是很难的。很多证据表明，教育可以改变成年人的环境意识，但却很难改变他们的行为。所以，公众教育倾向于改变人们的意识，而非行为——因为行为还受其它因素控制。另一方面，儿童的意识受父母影响，所以，对儿童的教育也非常重要。但这不是遗留给后代的问题，而是我们这一代人的任务。否则，以后将什么都不会留下。现在气候变暖，生物多样性降低，食物将来很可能还会减少，孩子们就会在这样糟糕的环境里成长。因此，我们必须杜绝这样的问题发生。

《雨林故事》：REDD（即减少砍伐森林和森林退化导致的温室气体排放）是一种碳信



上图：热带雨林中美丽的真菌

用额计划，即通过花钱买碳来保护森林，越来越多的科学家认为REDD是一种可行的办法，对此，您有什么看法呢？

Richard：这个问题问得好。保护生物学家们聚集在热带地区，就这个问题展开过讨论。我认为REDD的问题是我们不能只为碳标价。如果我们有一个非常有效的全球碳市场，那么钱就会流向最便宜的碳。它不会流向犀牛、座头鲸或者蝴蝶，而会流向速生树或者从大气中提取碳的高科技。所以，对生物多样性来说，一个纯粹的碳机制还不够好。

目前，将生物多样性和其他利益均考虑在内以后，REDD及其衍生物提出了更为复杂的机制。如此一来，全球的碳市场动态就变得模糊。我猜测最好的方法可能是一个简单、非常有效的全球碳市场，同时，人们还应为区域或国家的生物多样性保护买单。以油棕为例（我对橡胶不了解），油棕的经济价值如此之高，仅仅通过REDD买单还远远不够。可是，如果人们既花钱买碳，又为生物的多样性买单，这可能会使生物的多样性达到最高点，使得生物多样性的森林值得保存。

我们会看到碳交易是如何进行的。目前，非正式的碳市场和自发形成的碳市场已经有了很大的规模。这完全改变了世人当初的想法。以前，人们认为REDD只是一个理论概念，但十亿美元的交易额出现后，所有人马上对REDD刮目相看。但我们不能预知未来，所以我拭目以待。将碳付费和生物多样性付费结合起来，效果可能会更好。在中国，两者的结合是可能的。

如果当地居民把橡胶林退还成热带雨林，我不确定REDD碳付费和生物多样性付费是否可以补偿他们的经济损失。我们也不确定是否可以这么做。可

能土壤退化太严重，可能物种已经灭绝，但无论如何，我们需要学习如何去做。甚至我们不知道付费这一途径是否可行，但至少可以促使人们思考这个问题。事实上，REDD一系列的条例规定不无益处。按照REDD规定，发达国家因过多的碳排放而需投资数十亿美元给发展中国家，但前提是确保发达国家获得已交易的碳保护权益，而这一权益又依赖高科技技术的支持，如遥感监测、精确实地考察等。REDD为发展中国家制定了条例，我想这是一件好事。试想如果富国看不到REDD的益处，穷国也就拿不到一分钱。在德国，如果穷国不能确保其森林碳至少可将保存50年或100年，任何一家银行都不愿意为你付钱，不光是德国，其它很多国家也是这样。

我想将来会好起来。中国之所以现在得到了很多碳费，就是因为其他国家相信中国政府。那些更贫穷的国家没能得到碳费，是因为他们失败的政府不能满足REDD的条件。确实，碳费是一笔潜在的、巨大财富。

历史学家之替

《雨林故事》：最后一个个人问题：如果您不是一位科学家，您会选择哪种职业呢？为什么？

Richard：我想我将会是个历史学家。每个生态学家都会花很长的时间来研究历史，因为他们想知道生物与环境是如何演变的。反过来，生态学也对历史学做出了很多贡献。一直以来，我都觉得历史非常迷人，所以我非常愿意成为一个历史学家。



上图：一只正在休憩的蛱蝶

解密

作者：骆世洪 刘燕 华娟 黎胜红

鸟类的“可口可乐树”



花蜜 (Nectar) 是植物提供给传粉者的“报酬”，是植物和访花者相互作用的重要桥梁。自然界中植物的花蜜绝大多数都是没有颜色的，然而近年来发现，大约有70种左右的植物花蜜非常罕见，呈现出奇特的黄、橙、红、棕、绿、蓝、黑等颜色。和花儿的色彩秘密一样，这些花蜜的颜色主要是由于其含有不同的色素类化学物质所导致，但这些化学物质到底是什么？它们在自然界中究竟又有怎样的功能呢？

米团花 (*Leucosceptrum canum*) (上图) 为唇形科中少见的大型木本植物，可高达十余米，具有棕褐色花蜜，是该科中目前发现的唯一一种有色花蜜植物，能吸引40余种鸟类对其取食，因此米团花也被称为鸟类的“可口可乐树”。

为了弄清楚米团花花蜜中的色素物质及其在自然界中的功能，我们于2008年采集了不同地点的109个花蜜样品，运用高效液相色谱分析了它们在



上图：米团花的访花者—暗绿绣眼鸟
(*Zosterops japonicus*)

400 nm处的紫外吸收，并对这些色谱图进行了比较，发现所有样品中都含有一个主要的色素类化合物。然而，当我们采集到20 kg干重米团花的花，试图从中分离鉴定这个化合物时，却几乎找不到它的踪影——看来只有大规模采集花蜜才能实现我们的目标。于是，从2009年米团花的花期刚开始、每天早上在鸟儿取食花蜜之前，我们就扛着梯子前往昆明植物园中采集花蜜。为了不被损坏花序，保证单花在盛花期内每天都能持续不断地分泌花蜜，我们用移液枪小心翼翼地一朵朵花中吸取花蜜，积累到一定的量时迅速贮存于-80℃冰箱中，防止其中的化合物发生降解。那一年我们一共采集到了100 mL左右的花蜜，但还是由于花蜜量太少，而这个色素物质又非常不稳定，分离过程中极易发生降解，加上我们当时的经验还欠缺，最终很遗憾我们的化学工作还是失败了。

到了2010年，我们重振旗鼓，加大了花蜜样品的采集量，这次一共采集到了200mL左右的花蜜，从中也分离得到了少量的上述色素化合物，但在分析测试过程中，化合物基本上降解了，因此我们还是未能如愿鉴定出其化学结构。然而，我们对这个结果并不甘心！于是在2011年米团花开花之前，我们就早早做好了准备。到了盛花期，我们出动了几乎整个课题组，从大约600万朵单花中共采集到了645 mL花蜜样品，在吸取了前两年的经验教训基础上，功夫不负有心人，我们终于成功分离得到27.5mg主要色素化合物



米团花的访花者 左图为：蓝翅希鹛 (*Minla cyanouroptera*)
右图为：黑头奇鹛 (*Heterophasia melanoleuca*)

的纯品！这次我们很小心地把样品抽干后保存在 -80°C 冰箱中，与分析测试中心预约了时间，整个核磁共振（NMR）分析过程中，我们几乎是和工作人员一起守着样品度过的，直到拿到漂亮的测试结果我们那悬着的心才放了下来。接下来的图谱分析只是需要耐心而已，很快我们对化合物的1D和2D NMR图谱分析后发现，我们期待了三年多的该化合物的结构原来是一个新颖的对称性的脯氨酸-对苯二醌共轭体（简称DPBQ），这与我们获得的高分辨质谱分析结果完全一致。随后我们进一步采用合成的方法得到了(-)-DPBQ和(+)-DPBQ，并进行了它们的圆二色谱和旋光光谱比较分析，准确而又完整地确定了天然的DPBQ即为(-)-DPBQ，至此米团花棕褐色花蜜中的化学秘密终于被完全打开了。

那么，DPBQ在自然界中到底有什么样的功能呢？为此，我们对DPBQ



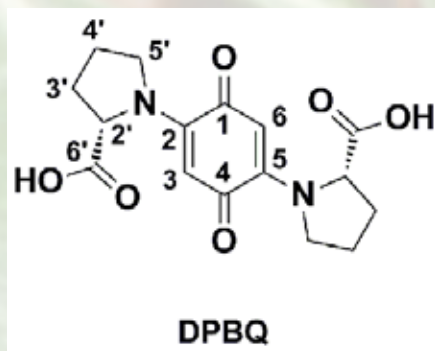
上图：人工采集米团花的花蜜

在花蜜中的含量进行了准确定量分析，选取了一个中等浓度（500 g/mL），并用米团花的传粉鸟之一——暗绿绣眼鸟（*Zosterops japonicus*）进行了鸟行为实验研究。

首先，我们在直径12 cm的培养皿中画一个6 cm的等边三角形，中心即为培养皿的圆心位置。然后我们在三角形的三个顶点位置用双面胶分别粘上三个200 μL 容量小杯，并在小杯中分别加入花蜜、蜜糖（从花蜜中分离纯化得到并配制成自然界中相同的糖浓度）和水各100 μL ，放置于鸟笼中，观察和记录鸟的第一选择和取食情况。每次取食后把培养皿顺时针或逆时针旋转60，实验100次后即停止，重复做6只鸟。

随后我们将装有蜜糖和水的容量小杯涂抹成和花蜜相近的颜色，重复上述实验。结果发现，无论是选择频率还是取食量方面，花蜜都显著高于蜜糖和水，表明暗绿绣眼鸟偏好取食米团花花蜜。当把装有蜜糖和水的容器外表涂成花蜜颜色时，鸟类对花蜜的偏好会被严重干扰。随后，我们将DPBQ、(-)-DPBQ和(+)-DPBQ配制而成

右图：DPBQ的化学结构



500 $\mu\text{g/mL}$ 的溶液，以水为对照分别开展类似上述的鸟行为实验研究。结果发现，绿绣眼鸟对DPBQ，(-)-DPBQ和(+)-DPBQ的选择性很相似，取食频率都明显高于对照。但当把装有水的容器外表涂成化合物的颜色时，这种选择性则大大降低。因此我们最终证实了DPBQ在米团花花蜜中是通过其颜色来吸引传粉鸟类的。

后记：本研究由中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室开展完成，其结果发表于*Organic Letters*上，并获得审稿者的高度评价，其中一位认为“这篇文章对天然产物化学/化学生态学来说是一个有价值的贡献，……展示了有机化学家应该如何开展化学生态学研究”，另一审稿者则认为“这是同类研究中的一个教科书般的例子”。

该研究首次发现了一类新颖的植物花蜜色素物质，首次清晰无疑地揭示了有色花蜜植物难以捉摸的化学与生态功能。

作者简介：骆世洪，男，博士，助理研究员，从事植物化学与化学生态学相关的研究工作。



上图：鸟行为实验中暗绿绣眼鸟取食DPBQ溶液（500 $\mu\text{g/mL}$ ）



文/ 段琼

鸟儿的彩色视界

在热带亚洲地区，有相当数量的食果鸟，比如我们常见的鹎类、拟啄木鸟、绣眼等等，依赖摄取大量的果实来获得能量。鸟类没有灵敏的嗅觉，没有咀嚼的习惯，没有高效的语言系统交流。那么，在不同的季节，不同的果子成熟期，这些食果鸟又是靠什么识别果子是否成熟、哪里的果子更营养可口呢？原来，它们靠的是高度发达的视觉系统。

科学研究发现，无论在热带还是温带，果实颜色黑色和红色的比例最高，占50%以上，而热带地区单黑色就占了40%。而这些食果鸟在取食时也更多地选择黑色和红色果子，因为黑色和红色对于鸟来说特别鲜艳，在绿色自然界中更容易被识别出来。而且，黑色和红色往往是果实成熟的标志。有趣的是，经研究还发现，黑色和红色的果实往往富含强抗氧化作用的花青素和类胡萝卜素，而食果鸟可以通过视觉识别其浓度大小。

食果鸟如此，那么杂食鸟在取食时对颜色又是什么反应呢？这类鸟在辨识食物时会遇到一个棘手问题：同一颜色的食物却暗含着不同的结果。红色或者黑色的虫子往往表示警戒，常含有毒物质，鸟在取食时会尽量避免。但是，当遇到色泽鲜艳的各色果实时又往往选择黑色和红色。聪明的杂食鸟不

上图：金莲木黑色的果实预示着已经成熟 赵金丽 / 摄



当遇到色泽鲜艳的各色果实时，鸟儿往往选择鲜艳的黑色和红色，上图为白喉红臀鹎 朱英/摄

仅能区分不同的颜色，将颜色作为取食选择的重要信号，而且能区分不同的食物类型再进行食物颜色选择。

鸟类不仅在获取食物上充分利用颜色信号，在选择或者吸引异性时颜色也是一个重要因素。很多我们熟知的孔雀、华丽琴鸟等会通过展示自己美丽鲜艳的羽毛赢得异性关注，在新几内亚还有一类行为特殊的园丁鸟，它们通过用各种颜色的小玩意儿来装饰它们的“亭子”来吸引异性。研究发现，这些装饰物中，蓝颜色的越多，求偶成功的几率也越大。还有原产于澳大利亚，目前在野外几乎找不到的保育种七彩文鸟，它们无论是雄鸟还是雌鸟头顶都有单一红色或黑色的毛。在食物竞争和求偶时，头顶为红色的雄鸟更受雌鸟青睐。

生物最基本的两大目的——生存和繁殖，鸟类都需要依赖视觉系统完成。鸟类拥有高度发达的四色视觉系统，它们眼睛视网膜上的视觉细胞特别多，所以，鸟类的视力比人类要好很多。例如，隼的视网膜中央凹陷处，视觉细胞多达 150万个；而人眼同样部位的视觉细胞却只有 20万个。鸟类眼球的体积大概要占到头部1/3-1/2体积，从视觉细胞总类上来看，大多数人的视锥细胞有红、绿、蓝三种，所以可见的光谱范围只有400-700nm之间的色相。而



鸟类的果实选择促进了果实颜色的演化，鸟类高比例选择黑色和红色果实，导致在自然界中这两个颜色果实比例最高。上图为伞形紫金牛的红色果实，左下图为金莲木的黑色果实 赵金丽/摄

大部分的鸟类，它们还有紫外光谱范围内的视锥细胞，对紫外部分的光是可见的。所以，可以想见，鸟类眼中的颜色世界跟人类眼中的世界是完全不一样的。

上世纪，鸟类学家在研究鸟眼的时候，获得了一个意外的发现：鸟眼里面竟有一滴一滴的油。研究人员对鸟眼利用特殊的活体光谱检测仪做了检查，发现大部分鸟都有这种油滴。它的主要成分为中性油脂和类红萝卜素，主要影响光谱透射比，能防护紫外线伤害等，并过滤短波光，减少各波长光谱间的重叠使颜色识别更准确。这些油滴是五颜六色的：有绿色的、黄色的，也有橙色或红色的，还有无色的。夜间活动的鸟，它们眼睛里的油滴大多是无色的，且视杆细胞起主要作用；以水里动物为食的鸟，红色油滴相对多。所以，含有彩色油滴也是鸟类的视觉比人类要发达得多的另一个原因。



鸟类拥有高度发达的四色视觉系统，眼睛里含有彩色油滴，所以，鸟类的视觉比人类要发达得多 上图为食果鸟红耳鹎 朱英 /摄

正因为鸟类对视觉的高度依赖，还有自然界非随机存在的果实颜色比例格局情况。有研究者就此提出果实颜色的比例格局可能是因为鸟类对特定颜色果实长期选择的结果。鸟类的果实选择促进了果实颜色的演化，鸟类高比例选择黑色和红色果实，导致在自然界中这两个颜色果实比例最高，而其它颜色果实比例较少，这样，鸟类的选择格局刚好能与自然界果实颜色比例格局相吻合。

鸟类通过视觉识别鲜艳颜色的成熟果实，通过较长距离的飞行将未消化掉的种子进行了扩散，即让种子远离母树，带到适合种子萌发生长的环境中，改变了种子在母树下激烈竞争、即使萌发也无法获得足够光源来生长的命运。所以，从果实颜色角度，我们可以说鸟类彩色的视界造就了自然界果实的缤纷。

作者简介：段琼，女，硕士，主要从事鸟类行为学研究。

投稿须知

一、内容范围

《雨林故事》电子杂志由中国科学院西双版纳热带植物园主办，季刊，为普通大众更好地理解与保护热带雨林提供资源，同时，构建热带科学研究与其它学科如艺术绘画、文学创作的交流平台。《雨林故事》的内容题材包括展示热带雨林有关的科学前沿、人文故事、历史事件等，以及呈现热带雨林科学与文学艺术的结合美。凡从事热带雨林生物多样性保护有关的人员、以及关注世界热带雨林的人员都欢迎投稿。

二、稿件类别

1) 简讯

以报道热带雨林研究重大会议、前沿动态、时事新闻等，来稿以少于500字为宜。

2) 特稿及短文

稿件须连同照片、图片一并递交，稿件以3, 200为宜，短文以1, 500字为宜，题材务必与热带雨林有关。为方便杂志将来的出版，原创图片的分辨率要求在300dpi以上，像素1000×1000以上。

3) 艺术作品

稿件包括绘画、摄影、漫画等作品，平面作品分辨率要求在300dpi以上，作品附200字以内的说明，稿件须反映热带雨林特定主题。

三、稿件格式

来稿中、英文皆可，双语版更佳。作者投稿时文本应提交WORD形式，图片或艺术作品以JPEG格式为宜。首页表明稿件题目、作者信息（包括姓名、联系地址、电话及E-mail）及其他共同撰稿的作者姓名和联系方式。此外，来稿图表须按顺序编码，并在文中标明图1，2，表1，2等。首次提及的物种，应标明其最新拉丁文。

四、投稿方式

通过E-mail投稿：zhaojinli@xtbg.ac.cn

五、投稿声明

所有向《雨林故事》投稿的稿件被视作自动作出如下声明：

- 1、稿件是作者原创，且并未公开发表或投寄他处（获准翻译的文章除外）；
- 2、投稿前已取得所有作者同意，由刊登在《雨林故事》电子杂志上的文章引起的任何纠纷，《雨林故事》电子杂志不承担任何责任或连带责任；
- 3、稿件的内容不包含任何与中华人民共和国现行法律相抵触的内容；

4、作者授权稿件刊登在《雨林故事》电子杂志和相关网站上，稿件均只代表作者本人观点，不代表《雨林故事》电子杂志观点；

5、本杂志定位为科普，不接受内容过于艰深的学术性文章，也不接受学术内容与目前科学界主流意见有根本抵触的文章。

六、 审阅与校对

1、来稿须经编辑委员会审阅，如有需要，本刊会咨询其他专家的意见；

2、来稿一经接纳，为使内容更明确清晰，本刊会在不违背作者原意的基础上进行调整。除非来稿经大肆修改、加插内容或需作者澄清，否则本刊编辑不会就其他修改另行通知作者；

3、对于已刊发的稿件，如果《雨林故事》电子杂志发现有任何违背本规定的情况，将在不通知作者本人的情况下加以删除。

七、 其他

来稿一经刊登，撰稿者按本刊规定获得一定数额的稿费，并成为《雨林故事》杂志的VIP会员，享受VIP会员相关待遇。

云南省勐腊县勐仑镇
中国科学院西双版纳热带植物园
《雨林故事》编辑委员会