

蜘蛛的感觉和感觉器官

尚玉昌

(北京大学生物系, 100871)

(一) 蜘蛛的眼、视觉和色觉 大多数蜘蛛都具有 8 只眼, 少数蜘蛛有 6 只眼, 锡兰蛛 (*Tetrablemma*) 有 4 只眼, 产于南美的异出蛛属 (*Nops*) 只生有 2 只眼, 而穴居蛛 (*Anthrobia*) 则完全没有眼。

蜘蛛的眼着生在头胸部的前方, 有的向上, 有的向前, 有的位于两侧。几只眼可排成二列 (平腹蛛科 Gnaphosidae, 管巢蛛科 Clubionidae, 沙蛛科 Ammoxenidae 和漏斗蛛科 Agelenidae 等)、三列 (狼蛛科 Lycosidae、盗蛛科 Pisauridae 和跳蛛科 Salticidae 等) 或四列 (猫蛛科 Oxyopidae 等)。蜘蛛眼的排列方式是区分科属的重要依据之一。

蜘蛛的眼属于单眼, 最外面的角膜由表皮特化而成, 呈双凸镜状, 起聚光作用。蜘蛛蜕皮时角膜也会随之蜕去, 因此会暂时看不见东西。角膜下是真皮层, 再下就是视网膜, 组成视网膜的视细胞呈长形, 每个都有视神经与其相连并具有一对视杆, 视杆彼此并列在视网膜上排列成层。在昼行眼中视杆层位于视细胞核的上方靠近真皮层处; 在夜行眼中视杆层位于眼

的基底部。此外, 夜行眼还具有反光色素层 (猫和蛾类的眼中也有), 其功能是将进入眼内的光再次反射给视细胞, 以便增强在黑暗条件下的视力。

不同蜘蛛的视力相差很大。跳蛛、狼蛛和其他猎蛛的视力最好, 依靠网的震动和依靠触觉发现猎物的蜘蛛则视力较差。P. Cambridge 曾多次观察到蜘蛛从网中央的停栖处垂下一根丝, 借以捕捉从网下经过的昆虫, 这一观察后来曾被许多人证实过, 这说明, 即使是很典型的织网蛛也有一定的视力。

一位澳大利亚蜘蛛学家曾作过一些试验, 在试验中狼蛛能直接捕向它所看到的猎物。蟹蛛 (蟹蛛科 Thomisidae) 常常潜伏在隐藏处, 当有昆虫从附近经过时便猛冲过去将其捕获, 如果猎物在被捆缚前挣脱并逃出一定距离, 蟹蛛便不可能再把它追回, 这说明, 蟹蛛的视力虽弱但确实能看到东西。

狼蛛科 (*Lycosidae*) 的视力要比蟹蛛科锐利得多。一种狼蛛 (*Lycosa godeffroyi*) 可直接跳向 8 厘米以外的甲虫并将它捕获, 而狡蛛

(*Dolomedes neptunus*) 也能在一定距离以外捕向一个颜色与自己相同的猎物。Rainbow 通过试验已经证实, 以上两种蜘蛛都能清楚地看到 13 厘米远的物体, 并能隐约看到 20 厘米远的猎物。有人曾观察到一只猎蛛扑向停栖在饲养笼侧壁上的一只苍蝇, 接着又准确地跳回到原来的地点, 这表明蜘蛛不仅有较好的视力, 而且能准确地判断距离和物体移动速度。据 T. H. Savory 的观察, 在饲养笼中当一只苍蝇从盗蛛 (*Pisaura mirabilis*) 上方飞过时, 盗蛛会突然跳起用螯肢将它捕获。蜘蛛学家很早便已知道跳蛛(跳蛛科)的眼最大视力最好, G. W. Peckham 在研究跳蛛的求偶行为时发现, 雄蛛远在 20—25 厘米以外便能辨认出它们的配偶。

Peckham 也是第一个用试验方法研究蜘蛛色觉的人。他用玻璃片拼成蜘蛛饲养笼, 笼内有一个个红色、绿色、兰色和黄色的小室, 这些小室彼此相通, 使放养在笼内的蜘蛛可以自由地选择不同颜色的小室栖居。试验时把各种不同的蜘蛛放入笼内并记录蜘蛛对各色小室的选择情况, 通过随机变换各色小室的相对位置和多次观察, 发现红色小室被蜘蛛选择的次数是 181, 黄色小室为 32, 绿色小室 13 和兰色小室 11。可见, 蜘蛛对红色有明显的偏爱。如果在蜘蛛眼表面涂上石蜡, 蜘蛛就失去了对任何颜色的辨别能力, 若把它放入一个紧靠红色小室的兰色小室中, 它就不可能再迁入红色小室。采用更多种类的蜘蛛重做这些试验也能获得相同的结果。

(二) 蜘蛛的触觉 蜘蛛身体上生有许多不同硬度的毛, 这些毛在长短和粗细上变化很大, 而且都有一定的排列方式, 其中很多毛实际上是触觉器官, 这些司触觉的毛发源于表皮下的毛原细胞, 其特点是能活动、有一定的坚韧度和基部围有一个几丁质的小突起, 毛的内部往往还充满了细胞质。各种毛的结构虽然大同小异, 生物学家曾赋予过它们各种功能如触觉、听觉、嗅觉和保护作用等, 但毛的最重要功能是触觉这一点是最没有争议的。

触觉在蜘蛛的生活中起着很重要的作用,

对蜘蛛行为的大量观察早已证实, 蜘蛛的触觉是极为灵敏的。一只蜘蛛静伏在网的中央或隐藏起来等待着猎物上网时, 只要有一根网丝被牵动或网的一个远角被触动, 网的主人立刻就会知晓所发生的一切, 依据网丝的微弱颤动它就能够获知落网者的性质。

有人曾研究过一种织片状网的马蛛 (*Hippasa olivacea*), 在正常情况下它能在网上灵活和迅速的跑动, 但如果切掉了它的触肢, 它就只能在网上笨拙地爬行了, 如果切掉的是 1—2 只步足, 这对它行动的影响并不大。这表明: 触肢在触觉上的重要性远远大于步足。W. S. Bristowe 曾作过一个有趣的观察, 有助于了解蜘蛛触觉的分辨能力。他把一只甲虫的幼虫投放到蛛网上, 幼虫开始扭动试图逃跑, 此时蜘蛛从漏斗的底部冲到了喇叭口处, 但不知受到了什么干扰没有再继续前进, 大约 15 分钟后当把一个音叉放到幼虫旁边时, 蜘蛛便立即冲过来攻击这个音叉, 直到音叉停止振动时它才离去, 这表明蜘蛛能够区分网上所发生的不同类型的振动。

(三) 蜘蛛的听觉 对一个倒挂在蛛网下面的蜘蛛给予各种声音刺激, 就可以看到它的反应是将前肢伸向声源方向, 好象是在接纳这些声音。如果把蜘蛛的前肢切除, 那么它的第二对足就会作出同样的反应。哨声、喊声、狗叫声和音叉振动都能诱发蜘蛛作出这种反应。这是园蛛属 (*Araneus*) 成年蜘蛛对声音作出的典型反应, 但奇怪的是, 幼蛛对声音的反应却是吐丝下垂。园蛛科内的两个近缘属即睿蛛属 (*Mesa*) 和艾蛛属 (*Cyclosa*) 对声音的反应也是吐丝下垂, 但扇蛛属 (*Zilla*) 的反应却是沿着网的径丝尽快地逃向隐藏处。

至于其他科的蜘蛛, 情况有所不同, 所有的猎蛛似乎都是聋子, 它们对音叉和虫鸣都没有反应。蜘蛛有时对一些毫无利害关系的扰动表现得无动于衷, 例如: 饱餐之后的蜘蛛对于在网上挣扎的飞虫有时却毫无反应, 甚至当飞虫爬向它、触碰它和从它身上爬过时也无动于衷, 但这种毫无反应并不能说明蜘蛛没有听觉。

蜘蛛没有可见的听觉器官，那它是怎样听到声音的呢？比较可信的看法是：蜘蛛触觉的极大灵敏度使它能够感知声音所引起的空气振动，也就是说，蜘蛛的听觉是与触觉密切相关的。Borrows 认为蜘蛛表现有正趋振性（positive vibrotaxis），这个问题涉及到共振现象。蜘蛛身上的毛和蛛网上的丝都可能与外界的声音发生共振，从而引发蜘蛛对声音的感觉并作出反应。一根蛛丝的振动频率可以通过下式计算出来：

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

其中的 n 是蛛丝的振动频率， l 为丝长， T 为丝的紧张度， m 为单位丝长的重量。上述各值在蛛网的不同部位是很不相同的，所以，各种频率的声音都可能引起蛛网的这部分或那部分发生共振。蜘蛛身上的毛也以同样的方式与声音发生共振，这些毛就叫听毛，它的功能是司听觉，可感知声波及风向，听毛是步足上直立而纤细的毛，它的位置和排列还具有分类学意义。

（四）蜘蛛的嗅觉 早在 1887 年 G. W. Peckham 就曾用玻璃棒沾各种有气味的液体去试探蜘蛛对气味的反应，他发现织网蛛对气味的反应是抬起前足，而猎蛛的反应是扑向玻璃棒。后来，A. H. Pritchett 作了更广泛的试验，她把蜘蛛饲养在三角笼中，笼底铺上蚊帐纱，然后把沾有各种气味的玻璃棒置于纱下，结果发现，很多种液体的气味都能诱发蜘蛛作出反应——振动触肢和抬起步足。去掉蜘蛛的足并不影响蜘蛛对气味作出反应的强度，这就否定了 F. Dahl 关于步足上的毛是嗅觉器官的说法。

现在已普遍认为琴形器（lyriform organs）是蜘蛛的嗅觉器官。拟蝎目（Pseudoscorpiones）、盲蛛目（Opiliones）和蜘蛛目（Araneae）的全部种类都有琴形器，它分布在步足各节末端（跗节除外）以及螯肢和胸板上。在显微镜下观察呈裂缝状，一条或多条并列，每条缝下连接有神经细胞发出的神经纤维，缝的长度短者仅有 2—10 微米，长者可达 100 微米以上。Pri-

chett 在诱发了蜘蛛对气味的一定反应以后，用凡士林把琴形器复盖，此后，蜘蛛对气味的反应时间就会大大延长，从而证明了琴形器与嗅觉有关。英国著名蜘蛛学家 W. S. Bristowe 也认为琴形器是嗅觉器官，它们象某些雄蛾的嗅觉器官一样可以分辨出一定距离以外的气味。不过，Bristowe 在研究狼蛛的求偶行为时还发现雄蛛的足端也有嗅觉功能，当雄蛛用足端和触肢的上表面探索雌蛛所留下的嗅迹时，总是显得非常兴奋，他曾把雄蛛触肢末端和跗节末端剪除，手术 24 小时后伤口便可完全复原并能捕捉飞虫，但此后对气味的反应则变得非常迟钝，而且不能分辨雌蛛的气味。

（五）蜘蛛的味觉 蜘蛛捕猎一切它们所遇到的或偶然来到它们面前的猎物，似乎它们对吃什么东西并没有什么选择性。如果一个动物不加选择地吃任何可吃的东西，那味觉的存在可能就没有什么意义了。正是根据这一点，早期的蜘蛛学家并不太注意研究蜘蛛的味觉。但事实上蜘蛛是一类有味觉的动物。

昆虫学家 Fabre 对迷宫漏斗蛛（*Agelena labyrinthica*）曾作过深入的研究，描述了这种蜘蛛攻击蝗虫的情况，他写道：“攻击通常是发生在蝗虫后腿的下端，这倒不是因为这里比其他部位更容易致命，而是因为这里的味道可能最好。我曾仔细检查过许多蜘蛛网，发现在蛛网的食物储存处各种蝇类、小蝶和蝗虫无一例外地都丧失了后腿，至少是丧失一只”。也许 Fabre 的论断是不无道理的。后来，Hingston 在试验中选择了一种没有气味但味道很苦的物质——奎宁，他把苍蝇在奎宁中浸过之后投到蜘蛛网上，只见蜘蛛迅速冲过来并对苍蝇进行攻击，但此后很快又退回到原来的停歇处并长时间地刷洗它的触肢，这似乎可以证明蜘蛛已经尝到了奎宁的苦味道，否则对蜘蛛的这种行为（拒食苍蝇和刷洗触肢）就很难加以解释。

参 考 文 献

- [1] Bristowe W. S. 1958 The World of Spiders The New Naturalist, London: Collins Clear-Type Press.

[2] Forster R. R. and L. M. Forster 1973 New Zealand Spiders. Auckland and London: Collins Brothers & Co.
 [3] Gertsch W. J. 1979 American Spiders, Van Nostrand Reinhold Company. Kaston B. J. 1978 How to Know the Spiders (3rd ed.). Dubuque: Wm. C. Brown Co.
 [4] Levi H. W. and L. R. Levi 1968 Spiders and Their

Kin. A Golden Nature Guide. New York. Golden Press
 [5] Main B. Y. Spiders. 1976 The Australian Naturalist Library. Sydney and London: William Collins Publishers.
 [6] Theodore H. and M. A. Savory 1928 The Biology of Spiders. New York, The Macmillan Company.

蛙类的发声结构与中枢控制

李东风 蓝书成

(东北师范大学生物学系, 长春 130024)

近年来, 动物发声与发声机制的研究引起人们的注意。在两栖动物中, 对于蛙鸣的产生和控制机理, 一直是动物学家颇感兴趣的课题。国内外很多学者在这方面进行了大量的研究工作, 对蛙鸣的奥秘正在逐步揭开。本文概括介绍这一领域的研究进展。

(一) 蛙类的发声器结构及其神经支配

蛙类隶属两栖纲无尾目, 是水生鱼类向陆生爬行类演变的中间过渡动物类型。伴随着进化过程, 蛙体出现了适应陆生的呼吸器官——肺和咽喉结构。喉的出现使动物发声方式发生了质的飞跃, 以两栖类为界标, 在此之前为非喉发声, 自两栖类始为有喉发声。

蛙类的喉由一对杓状软骨和一块环状软骨及其环绕于周围的四对喉肌(扩张肌、后缩肌、外缩肌、前缩肌)组成^[1](见图1)。在杓状软骨前后缘结合处附着纤维结缔组织的膜状结构, 称声带。两条长而富弹性的声带间隙, 称声门。扩张肌收缩可使声门开放, 后缩肌收缩使声带绷紧, 而外缩肌和前缩肌的协同收缩使声门关闭。一般雄蛙的声带较雌蛙宽厚发达, 并且除声带以外, 在口咽腔两侧或底部还具有一对声囊开口。声囊在发声中起共鸣腔作用, 因此雄蛙叫声宏亮。

与发声有关的四对喉肌分别受迷走神经的两个分支——短喉神经支 (Short laryngeal nerve) 和长喉神经支 (Long laryngeal nerve)

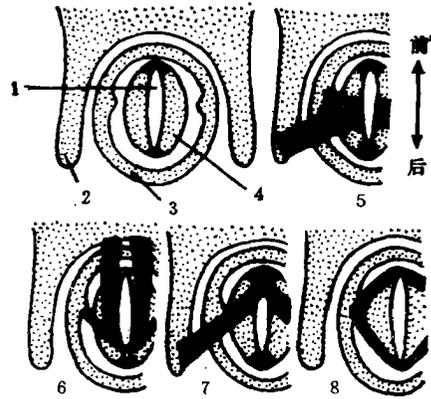


图1 蛙类的喉软骨及喉肌附着方式示意图
 1. 声门; 2. 舌软骨; 3. 环状软骨; 4. 杓状软骨;
 5. 扩张肌; 6. 前缩肌; 7. 外缩肌; 8. 后缩肌

支配。其中短喉神经支配扩张肌, 而其它三对喉肌受长喉神经支配^[1]。在体和离体实验中分别刺激短、长喉神经支, 观察喉肌的收缩情况进一步证实了喉肌神经支配的特点。

(二) 蛙类发声的中枢控制 对蛙类鸣叫的中枢控制研究, 早在本世纪初就有人用电流刺激蛙中脑引起鸣叫, 并证明中脑内存在司鸣叫的中枢^[2]。直到晚近, 美国 Loyola 大学的斯梅德 (Schmidt) 教授领导下的研究小组经过系统地研究, 提出蛙鸣中枢控制的模型之后才基本确定了控制蛙鸣的各级脑中枢^[6,8]。该模型认为, 蛙脑干前端的视前核前部 (anterior part of the preoptic nucleus, APON) 是蛙类求偶鸣叫的高级启动中枢。由 APON 发出纤