

KIE XIUE (CONG) SHU

中国科学院新世纪(科学丛书) 主编 何远光



雄蝉的气喇叭

蒋锦昌 著

- ★ 长眠不觉醒
- ★ 终日鸣奏的爱情曲
- ★ 奇妙的『社会性』叫声
- ★ 蝉有『万言』吗



1

— 内蒙古大学出版社 —

责任编辑: 李继宗

封面设计: 徐敬东

图书在版编目(CIP)数据

雄蝉的气喇叭 / 蒋锦昌著. — 呼和浩特:

内蒙古大学出版社, 2000.5

(新世纪《科学丛书》) (何远光主编)

ISBN 7-81074-022-9

I. ①雄… II. 蒋… III. 蝉科—基本知识

IV. ①Q969.36

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第25100号

顾问

王大珩 院士

王佛松 院士

张广学 院士

王绶璁 院士

郭慕孙 院士

严陆光 院士

编委

关定华 研究员

胡亚东 研究员

陈树楷 教授

周家斌 研究员

刘金 高级工程师

何远光 高级工程师

史耀远 研究员

雄蝉的气喇叭

蒋锦昌 著

内蒙古大学出版社出版发行

内蒙古瑞德教育印务股份

有限公司呼和浩特市印刷

内蒙古新华书店经销

开本:850×1168 32 印张:0.5 字数:12千

2000年5月第1版第1次印刷

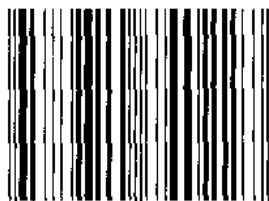
印数:1-11000册

ISBN 7-81074-022-9 N·1

本书编号: 1 - 33

全套50册 定价:50.00元(分册1元)

ISBN 7-81074-022-9



9 787810 740227 >



蒋锦昌, 1938 年生, 江苏宜兴人。1963 年毕业于中国科学技术大学生物物理系, 并一直在中国科学院生物物理研究所从事科研工作, 1990 年晋升为研究员, 1993 年获政府特殊津贴, 曾任中国地震学会理事, 中国声学学会理事。主要工作涉及地震前动物异常行为与地震关系及其机理、零磁空间生物效应、蝉类鸣声种特性及其发声和接受机理、鸟类声行为及其发声的神经调控机制等方面的研究, 发表有关论文 80 多篇。

目 录

崇尚科学(序)	(1)
长眠不觉醒	(2)
超能力气喇叭	(4)
终日鸣奏的“爱情曲”	(7)
奇妙的“社会性叫声”	(10)
蝉有“方言”吗	(11)
竖琴式听觉弦音器	(12)
鸣叫的雄蝉在听什么	(14)
蝉类的方向听觉	(15)

崇尚科学

——寄语青少年

江总书记在党的十五大报告中号召我们“努力提高科技水平,普及科技知识,引导人们树立科学精神,掌握科学方法”。面向21世纪,我们要实现科教兴国的战略目标,就是要大力普及科技知识,提高国人的科学文化素质。特别是对广大的青少年,他们正处于宇宙观、世界观、人生观、价值观的形成时期,对他们进行学科学、爱科学、尊重科学的教育,进而树立一种科学的思想 and 科学精神,学习科学方法对他们的一生将产生重大的影响,同时也是教育和科学工作者的重要任务之一。

由中国科学院和内蒙古大学出版社共同编纂出版的“科学丛书”就是基于上述思想而开发的一项旨在提高青少年科学文化素质,促进素质教育的科普工程。该“丛书”具有以下三大特色。

买得起:丛书每辑50册,每册一元。

读得懂:每册以小专题的形式,用浅显的表达方式,通俗易懂的语言,讲述各种创造发明成果的历程,剖析自然现象,揭示自然科学的奥秘,探索科技发展的未来。

读得完:每册字数万余字,配以相应的插图,一般不难读完。

我们的目的就是要通过科普知识的宣传,使广大青少年在获得科技知识、拓展知识面、提高综合素质的同时,能够逐步树立起科学的思想 and 科学的精神,掌握科学方法,成为迎接新世纪的优秀人才。

最后,真诚地祝愿你们——

读科学丛书,创优秀成绩,树科学精神,做创新人才。

中国科学院 卢佩群

蝉 类是地球第四纪冰川期到来后,在绿洲内保存下来的一个种群,是有声世界里歌唱的娇娇者。全球约有 3000 余种蝉类,我国发现了 200 多种,是蝉类资源最丰富的国家之一,几乎全国各地都有,但主要分布在江南各省,尤其以华南和西南地区为多。我国早在石器时代就认识了蝉,俗称“知了”。殷代甲骨文中就出现蝉的象形字。夏王朝(公元前 16 世纪)的《礼记·月令》中就有蝉鸣与物候关系的记载:“仲夏之月,螳螂生,蝉始鸣;孟秋之月,寒蝉鸣”。更有来自蝉的生态习性和虫体结构的成语,如“蝉不知雪”和“蝉腹龟肠”。

在与大自然抗衡的进化长河中,为了适应环境而求得生存和以声信号作为种衍生信使的需要,蝉类的生态习性和虫体的形态结构发生了适应性变化,形成了自己特有的种群特性。通常根据体长分为小型、中型、大型和特大型种,体长分别为 10~20、20~40、40~50 和 50 毫米以上、最小为 10.8~13.0 毫米(微塘蝉),最大为 70.5 毫米(白带鸟蝉)。虫体大多为褐色、黄绿色、绿色、灰黑色或黑色,有一定的保护色功能。有的腹部为红色和胸部有红斑,分别叫做“红蝉”和“胸红蝉”。蝉的前翅较大,后翅较小,有较高的飞行能力,翅膜透明或革质,并有不同颜色或不同形态的斑纹。有些种类则因翅斑的形态和颜色,分别叫做“琥珀蝉”“孔雀蝉”、“黑豹斑蝉”和“绿彩蝉”等。

蝉是人们最熟悉的昆虫之一,但很少有人知道蝉的一生多奇妙。蝉鸣研究虽不是大的科学问题,但贴近生活,有助于启发青少年观察大自然的兴趣和培养他们对科学的进取精神,这正是写这本小册子的初衷。

长眠不觉醒

蝉类的幼虫,又名“若虫”或“蛴螬”,在地下生活数年,甚至十几年。17 年蝉就是以若虫在地下生活 17 年之久而得名,并以锥形刺吸口器吮吸植株根系的汁液为生。若虫每年脱一次皮(蝉蛻)便长一岁,几岁后的老熟若虫在适宜季节出土羽化(脱壳)为成虫。根据陕西林科所的观察,我国最常见的黑蚱蝉(又称“黑蚱”或“蚱蝉”)为 5 年一代。老熟若虫一般 7 月初开始出土羽化,7 月中旬至 8 月中旬为盛期。羽化过程长达

1~3 小时,多般在晚上 21:00~22:00 之间。羽化的成虫出壳后先趴在壳上,翅逐渐风干后,慢慢抖动而合拢,翅和虫体的颜色逐渐变为深黑色的种本色,并在翌日 06:00 左右陆续爬居到喜食的植株上,用锥形的刺吸口器吮吸植株的汁液为生。

羽化后的成虫经过大量地补充营养,约在 10 天左右后性成熟,进入繁殖期,即为人们通常所见到蝉。蝉在绿色世界仅仅欢乐数十天就了结一生,真是春出秋死。在繁殖期间,雄蝉不断地发出特有的呼叫声,吸引较大范围内的同种雌蝉飞来交尾。例如黑蚱蝉,一般在 12:00~16:00 期间交尾最多。雌蝉交尾后不久就开始产卵,一般在 7 月中、下旬开始,9 月中、下旬结束。产卵时,雌蝉用矛头状产卵器产卵于嫩枝条的木质部分内,并在产卵部位的上方用口器将韧皮刺破一圈,使之因得不到营养和水分而苦死,经风吹摇动自破口处折断落地,蝉卵也随之撒落在地上。雌蝉产卵时在枝条上不断移动,产一窝向前移动再产一窝,历时 2~6 小时。最多每枝产卵约 540 粒,平均约 150 粒。每个枝条上平均有 2.6 个槽,每槽平均约有 12 窝,每窝平均产卵 6.4 粒。初产出的卵为乳白色,快孵化时呈黄色,卵壳透明,若虫明显可见。卵期为 260~340 天,一般在来年的 6 月中旬开始孵化,7 月上旬结束,并主要集中在每天 6:00~12:00 时期间。在适当的温度和湿度下孵化出壳的小若虫主要以钻入自然孔洞、土缝和松土的方式入土。入土后一般在浅于 20 厘米的深土层的植株根系上吮吸汁液为生,也可钻入到 70~80 厘米深,找到栖住的植株根系。

同时,同一地区不同蝉类老熟若虫的出土羽化期有前有后,并有明显的地域性。北京地区螳螂蝉出土羽化最早,5 月中旬前后进入活动盛期;黑蚱蝉 7 月中旬进入活动盛期;鸣鸣蝉 7 月下旬进入活动盛期,并主要分布在西部浅山区;寒蝉深秋将至才进入活动盛期。

与其它许多昆虫一样,蝉类也具有一定的趋光性,但与气温条件有关。例如,夜间气温在 20℃ 以上时,黑蚱蝉有明显的趋光性,即向林区内的火堆飞扑过来,气温愈高并有 2~3 级风时的趋光性更为明显。

超能力的气喇叭

在进化过程中蝉类的虫体产生了结构性变化,雄蝉中胸扩大和第1~2腹节愈合而高度特化为鼓膜发声器,使之更有效地使用声信号吸引同种雌蝉;雌蝉的发声器退化,使腹部有足够的空间容纳满足种衍生产需要的产卵量。

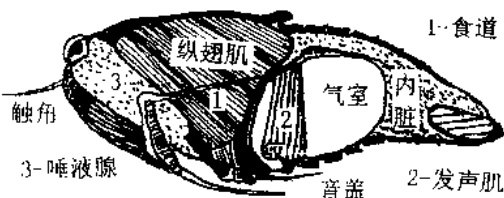
从背面(剪了两侧双翅)看,蝉的头部两侧为一对复眼,能看到近处的物体,前面隆起处是额,顶后方中央有三角形排列的3个单眼,有一定的光感觉。复眼内侧方为一对鬃状触角,通常为5~7节,额下方为锥形刺吸口器。胸部由前胸、中胸和后胸组成。中胸扩大,背板发达,大多呈半球状,后缘中央为X隆起。后胸狭小,背板几乎不可见,并紧接腹部。腹部由8个腹节(1~8)和尾节组成,愈合的1~2腹节之间左右两侧各有一个发达的鼓

膜发声器,故有“蝉以脉鸣”之

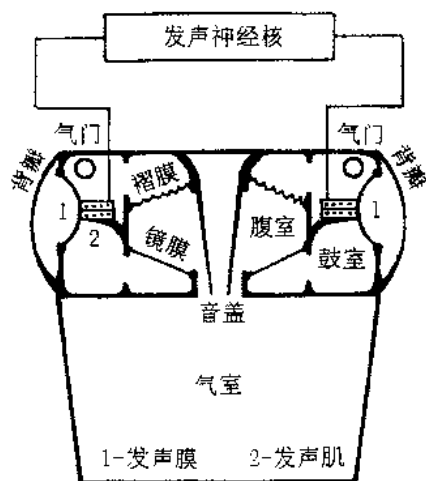
称。两则背瓣(又称“鼓盖”)由第二腹节两侧背向前延伸而成的角质化薄片,略向外凸起,盖在发声膜(又称“鼓膜”)上方,构成腹向开口的左右鼓室,有一定的调扩音功能。在系统进化中雄蝉背瓣的形态结构产生了明显的分化,并据此蝉类分为无背瓣的裸蝉亚科(如红蝉和山蝉等)和有背瓣的蝉亚科。蝉亚科中雄蝉的背瓣形态多样,大小不一,有些种小部分盖住发声膜(如草蝉和斑蝉等),有些种大部分或全部盖住发声膜(如黑蚱蝉和螳姑蝉等)。雌蝉的发声器已退化而只见痕迹。从腹面



(剪了两侧双翅)看,锥形刺吸口器有发达的后唇、前唇和细长的喙管组成;3对胸足分别为前、中和后足,前足发达而粗壮,为开掘式结构,适宜地下生活和抗敌。后足下方为一对左右对称的音盖,又称“腹瓣”,是由后胸腹板的后端向后延伸而成左右对称的瓣状或鳞片状骨片,并分别盖在左、右腹室上方,具有重要的调音功能。在系统进化中雄蝉音盖的形态结构发生了明显变化,形态多样,盖往腹部的大小呈明显的种差异,小的仅盖住腹室的边缘(如草蝉),大的可达腹末(如蒙古寒蝉和阔片阔蝉等)。掀起一侧音盖,可见腹室上方为褶皱膜,下方为近似半透明的镜膜,厚约10微米。从沿虫体中轴线的纵切面中可以看到,胸部内为发达的纵翅肌,细长的食道穿过中胸和胸腹隔板的中央狭缝,并沿背部绕行到压缩在3~8腹节的内脏系统。腹腔的前半部为气室。腹腔的前半部为气室,内有一对V型的粗大发声肌,后壁膜紧贴内脏系统。



实际上,雄蝉的鼓膜发声器是一架微型组合式音响系统。由发声肌



和发声膜组成的左、右声源类似一般音响的两个扬声器,即发声肌和发声膜分别类似扬声器的电磁驱动源和纸盆。发声肌的收缩运动牵动发声膜振动发声。发声肌,又称“鼓膜肌”,并由前端伸出的尖劈状腱突起分别与发声膜背侧端连接,牵动发声膜振动发声。发声膜位于气室前部两侧,由第一腹节两侧特化而成的壳状几丁质膜,又称“鼓膜”,为了与通常听觉器的鼓膜区分开,称“发声膜”

更为合适,含义也更明确。发声膜上半部分分布着加厚和骨化的长、短肋,其数量和形态结构与叫声的波形结构和频率性有关,有明显的种差异。

例如,黑蚱蝉的发声膜上半部为3条近似平行的长肋,上方各有1条短肋,3条长肋依次振动而产生每个叫声脉冲的3个亚脉冲。发声膜的背、腹和底缘与虫体角质壳固定,而前缘为可动结构,下方有一块肌肉跨接与虫体角质壳之间跨接一块肌肉,又称“张肌”,收缩运动可调节发声膜的力学特性(类似调节琴弦的松紧),从而改善发声特性。发声膜前方各有一个肉眼可见的椭圆形

气门,下唇可张闭,调节气囊内的气流特性,具有一定的调节功能,故又称“声门”。气室又称“气囊”,近似圆柱形,鸣叫时后壁膜后移可占腹腔的2/3。是鸣声共鸣的主音箱,两侧鼓室和腹室为调音和扩音的4个辅助音音箱。气室腹面分别为褶膜和镜膜,鸣叫声腹部跳起可展开褶膜,有助于声辐射。镜膜既是听膜,又是鸣叫声的主要辐射窗口。可见,发声肌在神经系统(发声神经核)的支配下产生收缩运动,并驱动发声膜振动发声,由主音箱和辅助音箱的调音和扩音,及其声门、张肌、音盖和背瓣等的调音,产生和发出不同种特性的鸣声。例如,常见的黑蚱蝉,两侧发声肌充其量不到0.1克,发声膜约0.02平方厘米,在距离5米处测量,叫声约为90分贝,发声效率约17%,是普通扬声器的10倍左右,约为高磁感应强度的高质量直射扬声器的3.4~5.7倍。有些种的群鸣声约达130分贝,在树下待几分钟就难以忍受。分贝是衡量声音大小的声压级的单位(通常用英文“decibel”的缩写“dB”表示),即分贝数越大,声音就越强。日常生活中常遇到,如空调机、电冰箱和洗衣机等家用电器的噪声大小都用分贝数表示,一般静音工作的噪声为42



气室,下唇可张闭,调节气囊内的气流特性,具有一定的调节功能,故又称“声门”。气室又称“气囊”,近似圆柱形,鸣叫时后壁膜后移可占腹腔的2/3。是鸣声共鸣的主音箱,两侧鼓室和腹室为调音和扩音的4个辅助音音箱。气室腹面分别为褶膜和镜膜,鸣叫声腹部跳起可展开褶膜,有助于声辐射。镜膜既是听膜,又是鸣叫声的主要辐射窗口。可见,发声肌在神经系统(发声神经核)的支配下产生收缩运动,并驱动发声膜振动发声,由主音箱和辅助音箱的调音和扩音,及其声门、张肌、音盖和背瓣等的调音,产生和发出不同种特性的鸣声。例如,常见的黑蚱蝉,两侧发声肌充其量不到0.1克,发声膜约0.02平方厘米,在距离5米处测量,叫声约为90分贝,发声效率约17%,是普通扬声器的10倍左右,约为高磁感应强度的高质量直射扬声器的3.4~5.7倍。有些种的群鸣声约达130分贝,在树下待几分钟就难以忍受。分贝是衡量声音大小的声压级的单位(通常用英文“decibel”的缩写“dB”表示),即分贝数越大,声音就越强。日常生活中常遇到,如空调机、电冰箱和洗衣机等家用电器的噪声大小都用分贝数表示,一般静音工作的噪声为42

分贝左右。国际上统一规定,0分贝的声波压力为20微帕(百万分之一帕),相当与每平方米受到2%克的作用力。帕为压力单位,1帕为每平方米受到1牛顿(近似98克重)的作用力。可见,与有声世界中各类噪声比较,雄蝉的鼓膜发声器真是超能力的气喇叭,发出的声响覆盖了有声世界的强噪声段。

终日鸣奏的爱情曲

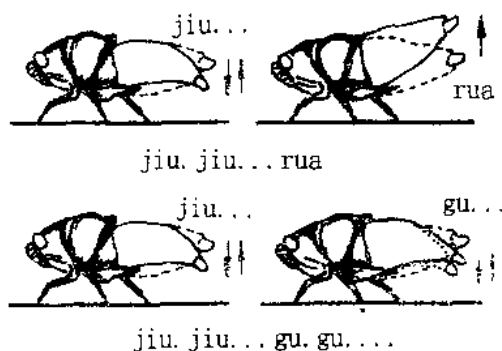
雄蝉的气喇叭终日响是求偶活动的主要标志,并主要以特有的歌声吸引较远距离的同种雌蝉前来交尾,繁衍后代。

蝉鸣季节,通常在白天所听到的蝉鸣声绝大多数是吸引较大范围内同种雌蝉前来交尾的呼叫声,吸引范围一般为35~80米和60~120米左右。我国南方常绿林地区的蝉鸣期一般为4月初到10月下旬,北方落叶林地区一般为5~6月到8~9月,而且同一地区的不同种类的蝉鸣期有先有后。例如,云南景洪地区4月初就可听到蝉鸣声,广州地区10月下旬仍有蝉鸣声。北京地区的五种蝉:螳螂蝉5月上旬率先出来鸣叫,7月上旬就很少听到,而黑蚱蝉却开始盛出鸣叫;7~8月蒙古寒蝉出来鸣叫,以报盛夏已到;西部浅山区的鸣鸣蝉在7月底、8月初鸣叫;绿姬蝉深秋将至才出来鸣叫,以报天冷了;9月底就很少听到蝉鸣声。同时,每天的鸣叫时刻有种种的差异,在些整日鸣叫,有些晨、暮时刻鸣叫强烈,有些中午鸣叫强烈。有些喜欢各具特色的群体合唱,有些喜欢独自鸣叫。从叫声的音调变化,蝉的呼叫声可分为单音调声和变音调声,但各具特色。

单音调蝉鸣声虽无明显的音调变化,但音色和节奏因种类的不同而各有特色。例如,广西的4种蝉:红蝉(小、中型种,宁明)多在黎明和傍晚鸣叫,近似“di. di…”的连续声;绿草蝉(小型种,灵川)的鸣声近似“bu—bu …bu—(尾声)”的重复声;大鼻草蝉(小型种,灵川)的鸣声近似“tie. tie…tie—(尾声)”的重复声;青草蝉(小型种,博白)的鸣声近似“bu—bu—…”的节奏声。分布广泛的有两种蝉:螳螂蝉(小、中型种)喜欢独自鸣叫,黎明起鸣,整日可闻,鸣声近似低音量声“zhi(支)

—”和高音量声“Zhi(治)——”的起伏变化的持续声；黑蚱蝉(大型种)的鸣声近似“zha——zha——”连续声，整日可闻，喜欢群鸣，同一林区的一些个体开始起鸣，鸣声逐渐增强，接着群体合唱为持续的高潮声，然后鸣声逐渐减弱而停止鸣叫，如此反复不断。四川峨嵋地区有7种蝉：黄蚱蝉(大型种)的鸣声近似“zha, zha—…”的节奏声；南蚱蝉(大型种)的鸣声近似“cang, cang…”的节奏声，犹似钢刷在钢管上有节奏的刷动声；塘蝉(中型种)的鸣声近似“gong——”的持续声，由强到弱，不断反复，听起来富有一定的音乐感；日本塘蝉(中型种)多在黄昏前后鸣叫，犹似“dang—dang—…”铜铃声，是一种由强变弱的单音调节节奏声，所以听起来富于节奏感和动听的乐音感。并由个体鸣叫声唤起其它同类蝉的鸣叫，又可唤起较远处另一群体“对唱”，前呼后应，交叉进行；网翅蝉(中型种)常栖树冠的叶面上，鸣声近似“Ar—Ar—…”声，并能边飞边叫，远听犹似鸟鸣；蟬蝉(大型种)，鸣声近似“lang—lang——”的持续声，声大而宏亮，终日鸣叫，晨、暮时刻更烈；震旦马蝉(大型种)的鸣声近似“ang—ang——”的吼声，音调稍有变化，听起来富于有一定的音乐感，大量个体群鸣时，犹似整个山谷都在振颤，靠近时不仅震耳欲聋，而且使人心烦意乱，无法久留。云南景洪地区有3种蝉：蜩蝉(大型种)的鸣声宏亮动听，似“shang—…”的连续声；狭瓣蝉(中型种)的鸣声近似“didi…zia, zia…”的双节奏声；尖瓣蜩蝉(中型种)的鸣声近似“ding, ding…”的铜铃声，鸣叫时不断地沿树杆移动，犹似腹部的瘤突有节奏地击打树杆。贵氏僚蝉(大型种)的鸣声近似“hua——”的持续声，宏亮动听。

在变音调蝉鸣声中，有些为单变调声，有些为复合变调声，并都伴随着不同形式的腹部伴音运动。例如，江西庐山的松寒蝉(中型种)不仅栖息在树枝上叫，还栖息在石柱上叫。鸣声近似“jiu, jiu…rua”重复数次的前变调



声,紧接后变调声“jiu. jiu. …gu. gu…”的复合变调声,音调变化复杂而动听,远听犹似鸣鸟在歌唱,故有“鸟鸣蝉”之称。鸣叫时伴随着明显可见的腹部伴音运动,在前变调声中腹部重复向下运动发重复声“jiu. jiu. …”,紧接着腹部向上运动发“rua”,并重要数次;接着腹部重复向下运动发后变调音的重复声“jiu. …jiu. ”,接着腹部在正常位置下重复向下运动发出“gu. …gu.”声。广州的台湾松寒蝉(中型种)鸣声近似“ji. …ji. guai”的重复声,而“guai”听起来酷似蛙鸣声,所以叫做“蛙鸣蝉”,鸣叫时可见明显的腹部摆动。北京地区的两种蝉:在7月底、8月初当你走进香山樱桃沟,可听到喜欢独鸣的鸣鸣蝉(中型种)近似“ri—weiying. weiying…wei——”的阵阵歌声,并可见腹部的上、下运动与发“weiying”声相伴随,远听似“喔,喔…哇——”,因体色灰黑,曹雪芹在《废艺斋集稿》中称其为“乌云蛙”;绿姬蝉(小型种)的鸣声近似“fuliao…”的重复声。蒙古寒蝉(中型种),喜独鸣,整日可闻,傍晚最烈,在7~8月天气最炎热的大暑季节,正当中伏前后盛出鸣叫。鸣声近“ti. ri—er”的重复声,远听犹似“天热了…”,以告人间盛夏已到,又似“伏烈…”声,故拟名“伏天”。广西宁明的疣蝉(中型种)鸣声近似“qu~wo——”接“gu…gua. wo——”的重复声。福建武夷山的大马蝉(大型种)鸣声近似“dugong’—…”的重复声,听起来和谐而动听。

雌蝉听到雄蝉呼叫声后飞落到雄蝉附近,雌蝉主动接近雌蝉并发出近距离的求爱声,若引来的不是同种雌蝉,则用翅膀拍打来驱赶;若近旁有竞争者,则搏斗后的胜者与雌蝉交尾。雄蝉的求爱声都是低音量的,一般不易听到,所以至今对它的了解还很少。

在约70厘米处记录到的螳螂蝉的求爱声与呼叫声有明显的区别。求爱声近似有一定起伏变化的“zhiou——ou——zhiou——…”声,即由带背景声“ou——”的高音量“Zhiou——”声与低音量“ou(瓠)——”组成的持续声。高音量求爱声比高音量呼叫声起码低20分贝以上,仅为60分贝左右,仅仅适合于引起近距离雌蝉的听觉反应。同时,雌蝉对雄蝉呼叫声的听觉响应主要取决于载波中能址最高的频率成分和音调变化,但对雄蝉求爱声的听觉响应主要取决于声脉冲速率所表示的基波特性和。

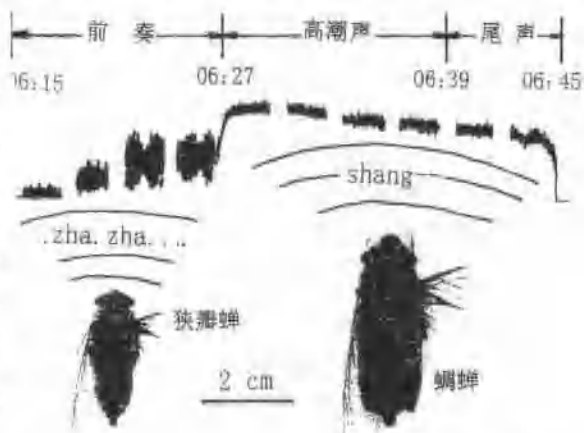
黄蟋蟀的呼叫声近似“zhi—zhi——…”的单音调声，但求爱声和交配声近似“jia—jia——…”的节奏声，节奏感强，间隔时间很短，有时叫声很急，可能与求偶的强烈程度有关。

奇妙的“社会性叫声”

雄蝉的有些叫声与求偶活动无明显的直接关系。例如，常见到的惊吓声（又称“抗议叫声”），即遇到敌害或被抓时发出急而响亮的惊叫声。在观察鸟类捕蝉为食时，常可耳闻被捕者的惊吓声。有时夜间可听见蝉鸣声，即“夜叫声”，有的与受到蚂蚁等侵袭有关，有的为不明真相的夜鸣叫。特别是有些群栖在同一林区的不同种类雄蝉的“社会性叫声”更为迷人。与鸟类等脊椎动物相比较，蝉类的社会性叫声是极为少见的。

位于澜沧江畔的景洪地区招待所内宽阔的院林区栖居着尖瓣蜩蝉（草绿色，栖住在常绿的棕榈树上不易被发现）、狭瓣蝉（一般栖住在较低矮的树上）和蜩蝉（一般栖住在较高大的树上），在白

天鸣叫通常都为09:00—18:00，鸣声各具特色。但是，每天清晨3种蝉的晨鸣过程，不仅具有以24小时为周期的时钟特性，而且具有前呼



后应协调进行的社会性活动特色。每天清晨约06:15左右开始，尖瓣蜩蝉和狭瓣蝉发出近似“zha, zha...”的微弱而有节奏前奏声，单次声的节奏和音量都逐渐增高，持续15分钟左右；紧接着蜩蝉宏亮的“shang——”突然而起，响彻整个院林，以报人间一天的开始，持续约10分钟；音量开始下降的尾声持续约5分钟而停止鸣叫，整个院林又呈现出一

片寂静,约平静 2 小时后,在 09:00 左右开始一天的昼间鸣叫。具有精确的时钟特性,是以 24 小时为周期的生理节律(生物钟)现象。同时是非常协调而有规律地进行前呼后应的社会性行为活动,先由两种蝉领唱,其前奏的声强和节奏在确定时间内增高达到一定程度时,另一种雌蝉进行呼应,宏亮的大合唱突然而起,并持续一定的时间后进入尾声,而以确定的时间终止鸣叫。由求偶活动的呼叫声在 09:00 左右开始来看,清晨有节奏的社会性叫声,是一种与求偶活动无关的周期性生物钟现象。

蝉有“方言”吗

鸣虫与鸟类虽然都是自然界的歌唱能手,但是鸟类要高级得多,并有“语言”模仿能力。许多鸟类随着栖居地环境条件的变化,其鸣声产生明显的地域性差异,甚至形成地区性“方言”。但鸣虫的鸣声是否存在地区性“方言”还缺乏有依据的行为学上的研究。例如,美国的黄足喙蛉(螞蚱)有 3 种不同鸣声的品种;其中,栖息在树上生活的发“唧、唧…”的鸣叫声,另两种共居田野,鸣声颤颤,但节奏一种较快,另一种较慢。在自然状态下,每种雌虫只对同种雄虫的叫声起反应,不同的鸣声阻碍了彼此间的交配。但饲养在一起时,彼此间能交配,并在形态结构上还不能加以区别,并没有认为是真正的 3 个种。从不同地区的蝉鸣声来看,红蝉、绿草蝉、蒙古寒蝉和鸣鸣蝉等的呼叫声,都无明显的地区性差异。分布广泛的黑蚱蝉和螳螂蝉的呼叫声虽存在较为明显的地区性差异,也许在一定程度上存在“方言”的色彩。

不同的地区黑蚱蝉呼叫声的主能量带和声脉冲结构等虽然具有同种特性,但声响特性有明显差异。北京(西郊、怀柔 and 密云)和河北易县黑蚱蝉的呼叫声相似,声响主要取决于主能量带,听起来为音色较单纯的“zha——”声。福建厦门和广西柳州地区黑蚱蝉呼叫声相似,声响不仅取决于主能量带,而且频率低于主能量带的副能量带具有较高的幅值,听起来为嘈杂的“zha. wu——”声,呈明显的地区性差异,真可谓“南腔与北调”。

北京西郊、陕西西安、福建福州、山东潍坊和四川峨嵋等地区蟋蟀的呼叫声，都近似为有一定起伏变化的低音量声“zhi—”与高音量声“Zhi—”相接的持续声，主能量带和声脉冲结构都显示同种特性。但是高音量呼叫声的音色有明显的地区性差异。福建福州、山东潍坊和四川峨嵋地区蟋蟀高音呼叫声的音色相似，听起来为较纯的尖锐声。西安地区蟋蟀的高音量呼叫声听起来为明显的尖嘈声，而北京地区蟋蟀的高音量呼叫声听起来接近纯音的尖锐声，真可谓有“秦腔”与“京调”之别。

竖琴式听觉弦音器



壁，为第二腹节的几丁质壁，厚约0.13毫米，略向外膨起，近中央偏前方为斜向下凹的浅黄色枪尖形口沟。听囊内充满血液淋巴，并约有1500~2000个听细胞。听细胞一端固定在听囊壁上，另一端固定的三角形的几丁质铲状片的底部〔约0.28毫米，高(长)约0.74毫米〕。每个听细胞的听神经纤维汇集成听神经。铲状片尾端与听膜上的听脊外侧端相接，使之听觉细胞近似装在看膜上的弦，犹似一架多弦的竖琴，故有“弦音器”之称。当声波冲击听膜时激起听膜振动，并由听脊传递给铲状片，进而传到听细胞，使之兴奋，把声波能转换为电化学能形式的神经冲动，并沿听神经传入中枢(箭头所示)，经过听觉中枢加工和综合而产生相

应的听觉效应。

静息雄蝉和同种雌蝉的听觉特性相似,并都只能听到可听声范围内的声音。可听声是指人耳通常能听到的 20~20000 赫兹的声音,人耳听不到低于 20 赫兹的次声波和高于 2 万赫兹的超声波。赫兹为频率单位(周/秒),通常用它的英文“hertz”的缩写“Hz”表示。

蝉类听觉的敏感范围与呼叫声中能量最高的频率区相一致,有些种类为数百赫兹(如红蝉和草蝉等),大多数种类为 1000~10000 赫兹,并以 3000~6000 赫兹居多,敏感阈值(能听到的最小声音)一般为 30~40 分贝。例如,澳大利亚的囊蝉(鸣叫时气囊明显扩大)、我国常见的黑蚱蝉和螳螂蝉听觉最敏感的声波频率分别约为 800、5000 和 6500 赫兹,敏阈值分别约为 40、41 和 34 分贝。螽斯、蝗虫、和蚱蜢的听觉最敏感的声波频率分别约为 10000、4000 和 3000~4000 赫兹,敏感阈值分别约为 17、25 和 22 分贝。人耳听觉最敏感的声波频率为 1000~4000~6000 赫兹,敏感阈值约为 4.0~3.9~5.6 分贝。可见,蝉的听觉敏感远不如生活在地面草丛的螽斯等常见鸣虫,更不如人耳,但对外界声响仍有相当好的敏感性。人们都有这样的经验,夏天捕蝉时,稍有声响就会惊动静息雄蝉飞走。

用黑蚱蝉做一个简单的生物实验,就可看到静息雄蝉可敏感地听到外界的声音。用一根银丝(或铂丝)钩住它的听神经为记录电极,另一根插在胸腹内为接地电极。如果把记录电极和接地电极接在磁带录音机的线性输入端(一般的立体声磁带录音机都有),给一个很小的声音刺激,如有节奏地轻轻拍手的“啪啪…”声,就可监听到听神经电位(通常称“复合听神经动作电位”,即听细胞群兴奋所产生的综合电位)所产生的“叭叭…”声,并与拍手的“啪、啪…”声一一相对应。如果把听膜弄破,就听不到听神经电位的“叭叭…”声,即失去听觉功能。可见,静息雄蝉通过听膜弦音器可敏感地听到外界的声音。

同时,系统进化中雌蝉的鼓膜发声器虽然退化而失去发声功能,但仍保留着发声肌和发声神经的同源结构,并分别演化为 3 条分开的细长的听膜肌(又称“张听膜肌”)和听膜神经,听膜肌的一端贴在听膜上,另一端跨接在第二腹节的角质板上。至今,虽然对听膜肌的听觉辅助功

能和机理尚不清楚,但听膜肌在听膜神经的支配下的收缩运动可直接调节听膜的紧张程度,进而影响对外界声波的响应特性。

鸣叫的雄蝉在听什么

雄蝉的听膜(铗膜)是叫声辐射的主要窗口,鸣叫时产生强烈振动,所以传统上认为鸣叫雄蝉的听觉系统处于自我保护的封闭状态,为听不到声音的“聋子”。事实上,无论是吸引异性的个体呼叫或群鸣、求爱鸣叫和不同种类之间合唱,还是对敌害的警觉,鸣叫雄蝉都需要听到自己的鸣声和外界声,才能在单向性声通讯中不断地自我校正鸣叫声的种特性和鸣叫时警戒敌害的袭击,以适应生存竞争的需要。

《螳螂捕蝉,黄雀在后》的画面可谓众所周知。鸣叫雄蝉只顾自己得意地歌唱,却不知螳螂在身后,大难已临头。这不仅表明鸣叫雄蝉警觉性不高,而且表明鸣叫雄蝉的听觉敏感性也下降。近年来的研究表明,鸣叫的雄蝉并不是听不到外界声音的聋子,仅仅是听觉敏感性比静息时约降低 20 分贝,即鸣叫时对低于 60 分贝左右的外界声不敏感,而易遭到敌害的袭击。但仍能觉察到 60 分贝以上的较高的外界声,所以鸣叫时仍能发觉敌害而飞逃。事实上,捕捉鸣叫雄蝉时,动作稍大就会惊动他飞走。同时,鸣叫雄蝉能听到自己的鸣叫声,适应单向性声通讯中进行自我调整,发出最佳种特性的呼叫声和求爱声,进行有效的求偶活动。

用同样的方法监听鸣叫雄蝉的听神经电位时,鸣叫雄蝉对“啦啦…”的轻轻拍手声无反应,即听不到与“啦啦…”的拍手声相对应的听神经电位的“叭叭…”声,但听到与叫声“zha. zha…”相对应的的听神经电位的“叭叭…”声。换句话说,鸣叫雄蝉听不到外界轻轻拍手声,而能听到自己的鸣叫声。可以简单地理解为外界声音冲击听膜的振动被鸣叫时听膜自身的强烈振动所掩蔽,而听不到。鸣叫时能听到自己的叫声,主要取决于由发声与听觉神经回路之间的内源性关系。