



兽怎样感知世界

孙德佩 编译 海洋出版社

内 容 简 介

海兽是怎样感知周围世界的？对这个问题，许多科学家感兴趣，有的为此奋斗终生；对于一般广大读者来说，这更是一个诱人的谜。本书从古代医学讲起，生动地讲述了“大洋的旋律”、“鲸婴和亚速夫”、“额头挂灯”、“触须、颊须和胡子”，“竞争者”等等有趣的问题，把海洋哺乳动物的生理特征和生活习性描绘得维妙维肖，适于中学生、动物爱好者、仿声学爱好者和解放军指战员阅读。

责任编辑：齐庆芝

责任校对：钱晓彬

海兽怎样感知世界

孙德佩 编译

海洋出版社出版 (北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 四季青印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：5 字数：107千字

1986年10月第一版 1986年10月第一次印刷

印数：2200

统一书号：13193·0884 定价：1.30元

回声女神

(代 序)

甚至在郊区树林里，回声都给人以某种神秘感。在峡谷中、山洞里更是如此。可以想象，在我们还不了解回声的性质的那些年代里，它会给人们造成多么强烈的印象。希腊有不少楼阁亭台、庙宇厅堂和地穴山窟。每一种声音都会在这些地方的拱顶之下反复回荡。莫名其妙的回声现象引起古希腊人的思索：到底是谁在模仿人的声音？究竟为什么要模仿？希腊人创造出了不少神话传说试图解释这一切。其中有一个神话，情节非常动人。大概的意思是，从前有一位回声女神，年轻美丽，说话口齿伶俐，娓娓动听。宙斯的妻子荷莱女神高居诸神之上，罪恶多端。每当宙斯在向其他女神献殷勤的时候，荷莱总被回声女神的娓娓叙谈所吸引。荷莱象人间的泼妇一样大发雷霆，残酷地剥夺了回声女神的伶俐口齿。从那时起，回声女神就只能重复着她听到的别人的讲话的尾声，自己什么也说不出来了。从此，不幸的回声女神为了避开人们的目光，或躲到岸边山岩背后，或藏身于密林深处，有时候孤独地在阴森森的地洞，湿漉漉的峡谷、湖畔、小溪边徘徊。遇见过路行人，她想叫住，但却困在消极模仿的窘境。泪水情不自禁地涌出，她竭力驱退揪心的痛楚，隐

居到丛林深处去了。

其实,回声完全是一种物理现象,科学家们只是在不久前才弄明白这一点。为了研究声音的一些基本性质,人们用去了几个世纪的光阴。原来,自然界就是一位神通广大的声学大师。它教会动物具有善于利用回声的本领。每当发出各种声响的时候,它们应当觉察出经常出现的回声。否则会白白地放弃自然界的这个无偿的赠品,从而辜负了它的美意。动物必须学会理解载入回声的信息,借以逐步完善听觉器官和发声器官。人们意识到回声可以利用以后,创造了各种仪器。但这仅仅是最近几十年的事。人工制造出来的仪器与自然界的创造物相比,质量上还望尘莫及。本书探讨“回声女神”在生物声学领域里的发明创造,论述人类研究生物声学的概况。

目 录

科学是探索出来的.....	(1)
古代医术.....	(1)
难于照料的孩子.....	(4)
善于用餐的人.....	(7)
水声学的先驱.....	(10)
水声学和生物声学.....	(15)
大洋的旋律.....	(15)
海豚阿法林.....	(19)
鲸婴和亚速夫.....	(25)
滑稽角色.....	(29)
独角鲸.....	(33)
白鲸.....	(39)
灰鲸.....	(42)
蓝鲸.....	(46)
活的探照灯.....	(52)
声波是怎么一回事.....	(52)
声音是从哪里来的.....	(56)
海豚的声光探照器.....	(62)

额头挂灯.....	(66)
密码.....	(69)
被俘的波.....	(72)
和动物对话.....	(72)
海豚的听觉.....	(75)
海豚的耳朵.....	(77)
海豚的听觉器官.....	(80)
海豚听觉器官的结构.....	(82)
海豚的声光感受器.....	(88)
使人大惑不解的波.....	(94)
海豚的“视”觉.....	(97)
思维、触觉与说话.....	(101)
目力.....	(101)
形成概念.....	(101)
声音的威力.....	(104)
触须、颊须和胡子.....	(107)
笼子里的鸚鵡.....	(111)
竞争者.....	(122)
海牛.....	(122)
海狮、海象和海豹.....	(129)
海獭.....	(142)
企鹅.....	(147)
编译者的话.....	(154)

科学是探索出来的

古代医术

科学和生产以日新月异的高速度向前发展。研究方法和工艺流程差不多每十年就要彻底更新一次。我们追溯百年之前使用的古老方法，以飨读者。人类的知识中有一条支脉，经过几个世纪的滤弃而留存下来许多法则和规程，这就是医学。有一些诊断和治疗疾病的方法远在五千年前就已经众所周知了。比如，医学还没有成其为独立科学的时候就先有了听诊和叩诊，而且一直保留至今，现在内科医生就诊时仍然必须用听诊和叩诊。

“听诊”一词是“听取”的意思。根据心脏跳动和肺呼吸时产生的轻音的特征可以判断心肺器官是否正常。拉丁语“叩诊”的意思是“敲出”。医生用手指从容不迫地敲几下患者的躯体或敲几下按在患者胸部的自己的手指，使胸壁和体内各器官产生振动，即迫使体腔发声。有时还使用小锤和叩诊板。如果被调查的器官是均匀的，则产生周期性振动，频率为一恒量。倘若内脏器官不均匀，其中某些部位的频率和振幅就各不相同。我们把这些振动的总和视为杂音。我们在古老建筑物里寻找暗藏的玉器珠宝或机密要件时，不是经常敲敲它的墙壁而且不费气力地可以发现暗藏的夹层、密室

吗？动物的行为也往往如此。

我们地球上的动物，听觉器官是稍后发达起来的，它比视觉和平衡器官都发达得晚。只是在动物学会了积极移动、开始漫游全球并互相吞食以后，地球上才出现了生物发出的音响。动物的声分析器或者耳朵也随之出现。这样一来动物就必须学会保持寂静无声。这对于猛兽捕食和弱者求生都有好处。于是耳朵有时又不起作用了。

我们知道，自然界不容忍任何无益的东西存在。耳朵浪费工时，效率低，怎么办呢？可以扩大它的使用范围。比如，物体不愿意主动地发出声音，我们可以迫使其被动发声。只要有声音，耳朵便起作用。古代埃及的术士们检查病人的时候就这样做。动物亦有某种相似之处。蝙蝠和海豚在这方面达到了登峰造极的程度。它们用超声定位信息“叩诊”空间！有不少动物效法它们。

有些动物好象是很有经验的埋藏物采探者。与人相比，它们甚至有过之而无不及。因为它们寻找的暗藏物不是珠宝玉器、金银首饰等死物，而是经常于无意之中冒出沙沙响声而暴露自己的活物。

马达加斯加岛的热带丛林和其他热带林区一样，是潮湿的王国，是腐朽而又充满生机的王国。不过这里既没有可怕的猛兽，也没有喧闹的猿猴。但在晦暗森林的幕布底下却生活着猿猴的亲属——狐猴，它是地球上最惊人的生物。狐猴在这座岛上有20多个种。其中最有趣的一个种便是众所周知的指猴。

指猴是体型如猫的小兽，有灰鼠一样毛茸茸的尾巴，机灵的嘴脸，长着一对似乎是夜行动物应该有的大眼睛。指猴

的大耳朵朝前伸，仿佛总是在倾听什么。听觉在这种指猴的生活中确实起着重要的作用。晚上，热带森林里到处是一片漆黑，指猴只有依靠嗅觉和听觉。

指猴最惊人的东西是手指，手指异乎寻常的长、尖、细。指猴由此而得名。尤其是中指，就象患了干瘦病似的，干枯得似乎连一点儿肌肉也没有。中指在指猴的生活中起着极其重要的作用。当白日炎热消退夜幕笼罩丛林的时候，马达加斯加岛上的指猴便在自己的大而舒适的“公寓”里醒来。梳洗打扮一番之后，它开始考虑吃什么早餐了。为了找到可以吃的东西，它们出发向附近的一棵老树走去，用长手指敲击着树干，仔细地检查，倾听树干发出的响声。这与医生叩诊患者的胸廓完全一样。

在热带森林里有许多蠹甲虫，它们的幼虫在老树干里打洞，并留下长短参差、弯曲复杂的通路。指猴根据树干的响声发现空洞（即通路）后，便沿着树干里弯曲复杂的通路进行追踪，一直追踪到这木质迷宫的主人——蠹甲幼虫所躲藏的通路尽头。指猴敲这块地方特别仔细，直到它十拿九稳地断定幼虫就在这里为止。于是将锐齿刺入树干，破口处立即出现木质要塞里隐居的主人。指猴用尖细的手指扎入幼虫，敏捷地将大难临头的要塞主人弄到外边来。指猴吃罢幼虫，擦净手，继续探察被蠹甲虫蛀过了的树干。

指猴不是动物界唯一的埋藏物探采者。啄木鸟也是依据自己灵敏的听觉来寻食。这种鸟的喙直而坚固，尖锐得好像木工的凿子，羽毛坚硬，锐爪能紧紧抓住物体。它们在树干上一边散步，一边细心观察每条裂缝、树纹。树皮下蛀洞里的蠹甲幼虫就这样落进了啄木鸟的胃里。它的听觉在这里

起了很大作用。长羽毛的“木工”不慌不忙地敲凿树干，时而将头偏到右边，时而偏到左边。想必这样能听得更清楚些。经过全面的叩诊，甲虫蛀成的通路的分布概况弄清楚了。于是木材卫生员开始工作，两三分钟后，一大块树皮掉在地上，树干上出现了深窟窿。营养丰富的幼虫暴露出来。

古代医术里的听诊和叩诊是从动物那里学来的。

难于照料的孩子

孩子们的身高大大超过自己的双亲是常有的事。对于人类无所谓，而对于动物就糟了。美洲热带的夜鹰——油鸱就是一个鲜明的实例。它是一种两翼伸展长约一米的大鸟。在刚两个月羽毛尚未丰满的时候，体重便超过双亲一倍。不是肌肉使幼雏体重增大，而是脂肪。南方油鸱就好象盛满脂肪的口袋一样圆润。人们把这些鸟叫脂肪夜鹰或干脆就叫油鹰是理所当然的。印度人自古以来就有采集油鸱幼雏的习惯。他们把死鸟放在太阳底下稍微晒一晒，然后用线绳穿起来，于是雏鸟就成了蜡烛，用以室内照明。

油鸱的发育为什么如此急速，一时很难解释。显然，幼雏使双亲陷入了难以解脱的被动之中：第一个难题是猎取食物。幼雏要尽快成长必须多吃。如果油鸱是普通的食谷鸟倒还有办法解决。全球有夜鹰96种。多半能自己养活自己，并用昆虫就能把雏鸟喂大，而且只须夏季捕捉即可。油鸱则不行。它们非常贪吃，胃口很大，装多少也不够。油鸱被迫改用以普通夜鹰所不习惯的植物为食。它们在可能的范围内尽可能地找到美味的食物，选择了含油棕榈果和嫩柔多汁的鲜果。

营养问题没有以此为限。含油棕榈的大片田园并非到处都有。鸟儿每天必须飞到离巢70—80公里的地方去寻食。加上油鸱不会爬树，它们在一串串果实的上空盘旋，一边飞一边摘鲜果，好象一群直升飞机。更困难的是，它们是在夜间离巢远行去寻食的。显然，要解决食物的问题并非易事。

第二个重要问题是照料雏鸟。肥胖而多脂肪的嫩弱小生命要在窝巢里呆上4个月。象这样的脂肪皮囊是任何野兽都喜欢吃而且是容易吃到的。更何况双亲要远飞去寻食，整夜地离开子女呢。原来，一片漆黑的山洞是唯一安全可靠的避难所。油鸱在拱高达30—40米的地下洞的绝顶之下用各种废料（常常是含油棕榈的鳞片）建造不大的平台，可以产两个蛋。任何猛兽也难以到达这里。

油鸱在深洞里定居下来以后，必须应付不见天日的生活。它们成天生活在黑暗的地洞里，即便飞出洞外寻找食物也要在夜幕降临的时候。这就产生了第三个问题，恐怕也是最复杂的问题：学会在黑暗中判定方向而不致于碰到树枝和洞壁，并找到食物和自己的幼雏。油鸱克服了这一难点。它们和双目失明的人一样摸索着道路，只是不靠手杖而是借助于音响。

脂肪夜鹰的远祖似乎“心领神会地”意识到可以强迫一切物体都毫不例外地发出声来。要它响必须敲，声信号碰到障碍物以后象皮球撞墙一样被弹回来，发出回声。

欧亚大陆上的人们从旅行家兼生物学家亚力山大·洪堡的谈话中知道了油鸱。洪堡从热带美洲回来以后，讲述过他1799年在委内瑞拉卡里普城附近发现的怪鸟，这些怪鸟特别醉心于在黑洞里发出刺耳的尖叫。此后150年无人问津，谁也

没有继科学家之后认真地从事于脂肪夜鹰的研究。因为苦于讨厌的惨叫和难闻的气味，深恶痛绝几百年内沉积没膝的鸟粪层，所以没有人会对在伸手不见五指的黑暗中去监视鸟的行为感到兴趣。当回声定位受到多方面关注时，人们想起了脂肪夜鹰。一个专门的考察团从美国来到了委内瑞拉。

有一些动物视觉敏锐。它们能在人们什么都看不见的漆黑一团里很容易辨认物体，并且生活得很自在。学者们必须首先检查，油鸱是否利用射进深洞里来的一点可怜的余光。脂肪夜鹰长年生活在深达650米的地下黑洞中。学者异常艰难地摸到了最低层，然后关闭了手电筒。因为眼睛不能马上习惯于黑暗，但他们在黑暗中呆了半小时以后，调查者仍然什么都看不见，看不到哪怕是朦胧的一线微光。

我们的感觉无足轻重，人的眼睛是靠不住的标志。摄影师用感光板证明，山洞确实被绝对黑暗笼罩着。然而，由于人们的干扰而受惊的鸟却尖声高叫，不会碰壁也不会相互碰撞。油鸱是否利用了刺耳的尖叫来判定方位呢？这是需要证实的。鸟儿们还发出好象手指弹东西的另一种声音。这声音短促急骤，仿佛紧密的鼓点一样断断续续。每当黄昏降临，油鸱一个跟着一个地慢慢飞向洞口，洞内鼓声不断。它们在洞外默默地飞行。弹指声就好似定位的信号，压过了刺耳的尖叫声。

实验查明，油鸱在黑暗中飞行不会撞上铁丝网，边飞边发出一连串弹指声。在突然出现光亮时，此声立即停止。如在黑暗中将油鸱的两耳堵塞，尽管弹指声不断也无济于事，它会失去辨别方向和探测障碍物的能力。据仪器测定，油鸱发出的弹指声很短，每声持续时间以千分之一秒计，每次连

续发出3—6个弹指声，即为一串，每串的间隔时间约为单个弹指声的2.5倍。从声学角度看，声音在空气中以每秒340米的速度传播，比油鸱的飞行速度快15—20倍。因此声音信号（声波）总是相当早地碰到迎面的物体而被弹回，即由此预告飞行前方有障碍，这样油鸱就可及时收到正前方道路上的详尽情报，随时根据情况改变飞行方向。油鸱探路的方法极象回声定位器工作的情形，不过油鸱用来定位的弹指声波频率只有7000赫，波长相当长，约5厘米，所以不能发现很小的物体，比如在黑暗中飞着的蜚螂等。

苏联森林里有一种和鸽子差不多大，两翅细长的普通夜鹰。春天，它们从遥远的南方——非洲和印度飞来，不时发出一种奇特的叫声。这种夜鹰能够象油鸱一样，在黑暗中飞行，捕捉甲虫与飞蛾……，为此引起科学家的关注，那么，它们是否也和油鸱一样用回声定位方法探路、辨向呢？

善于用餐的人

中国传统的国宴有150道菜。过去，北京的饭店为王宫贵族准备的午宴有时只两人用餐。北京和平解放后，实行民主政策，扩大了生产。现在中国人进餐多以10人为一桌。

生物发展史说明，人是杂食的。但是不同民族的杂食程度却非常悬殊。在这方面我们中国人有史以来一直保持着冠军的光荣地位。不论是植物还是动物，中国菜绝不遗弃，他们能煎、炒、烹、炸出各种各样的盘菜。

活牡蛎、海参、幼龟、蟒蛇里脊等山珍海味是举世闻名的菜肴。燕窝汤恐怕是最使欧洲人感到新奇的一道菜了。鸟

儿以自己的在空气中快速胶结的唾液而身价倍增。雨燕、金丝燕创造的可供食用的燕窝，盛名誉满全球。燕窝的建筑材料是粘土、绒毛、皮块和草茎。这些建筑材料用唾液胶合在一起就是燕窝。但雨燕和金丝燕的燕窝主要由唾液建成，绒毛以及粘土、草茎等只是次要的“补充材料”。

金丝燕燕窝固着在峭壁上。建筑这样的“塑料”住宅大约需要40天。全部工程从设计平面图开始。选择好适宜于筑窝的陡峭岩壁。鸟建筑师用唾液在这块陡壁上描绘出未来的摇篮之家的轮廓，长约5—6厘米。每天在拟定轮廓线上涂抹唾液。侧壁上的轮廓线逐渐凸起增大，只需6周就可以在这个小窝里产卵了。

建筑燕窝的鸟建筑师居住在中印半岛、印度尼西亚、印度洋和太平洋的岛屿上。自远古以来当地居民就从事着“雨燕”燕窝（烹饪大师称之为金丝燕窝）的采集工作。采集者架起轻竹梯拿竹竿去摘燕窝，干着艰难危险的行业。金丝燕窝群体生活，经常几十万，甚至几百万只一群。如果运气好，采集者可以满载而归。第一次筑成的新鲜燕窝价值最高。如果燕窝被摘掉，燕子会再一次、二次地修建，但重建的燕窝含有许多泥，因此价值较低。

看来，早在原始时代，人们就已经津津有味地吃上燕窝了。考古学家在加里曼丹岛上发现了壁画。上面画的是人们双手举着长长的竹竿，和现代采集者的竹竿完全一样。大概是鸟群为了逃避人们的追捕而越来越远地把窝筑进深洞里去了。这样一来，金丝燕的回声定位能力也随之发达起来。锡兰雨燕回到地洞拱顶时，开始发出一连串每秒5—10次的弹指声。弹指声短暂，延续2—6微秒。因为声频在4—5千赫之

间，所以人可以清楚地听到。夏威夷金丝燕发出的定位弹指声的振荡频率也差不多如此，但强度小。为此，鸟儿也使用低达1.5千赫的频率。

实验证明，所谓弹指声就是定位信号。白天雨燕不需要声信号。金丝燕视觉敏锐，喜欢白天活动。假如鸟类同时失去视觉和听觉，就会变得较弱无力了。金丝燕只在挥动翅膀飞行时才发出定位弹指声。栖止的鸟儿不发这种声音。雨燕的回声定位能力并不很强，在用直径为8毫米的塑料管或略细的金属丝网隔开的室内飞行时，它常常碰到障碍物上。10毫米粗的木棍或2毫米的铁丝回声很差，鸟儿不能觉察到。

金丝燕筑窝的地方相当嘈杂。天色越来越暗的时候，弹指声汇集到连续不断的唧唧喳喳的叫声里。飞鸟在嘈杂的声音里应当能觉察到自己发出的弹指声的回声。到底觉察得如何，学者们还不清楚。仔细分析弹指声谱发现，一只鸟有一种嗓音，千百同伴的嗓音各不相同。也许因此而易于识别自己发出的弹指声的回声，如同我们根据嗓音识别亲友一样。

回声定位是天赋的本领，但是到成年时才有所表现。雏鸟不能发出弹指声。只在飞出窝之前不久，它们才挥动翅膀发出弹指声，同时试噪。借助声音对周围情况建立起概念来以后，雏鸟从窝里挣脱出来，并长期不回窝。雏鸟飞出之时便是双亲欣慰之日，也是家庭分居之日。幼鸟从开始独立生活的最初几天起，必须学会飞，学会捕捉昆虫，学会利用声器官。金丝燕的这些本领全都是从双亲那里继承下来的。

大概别的鸟也都具有回声定位的能力。鹞不一定有，因为当麻鹞必须在黑暗中飞行时，也发出特殊声音，而在其他情况下则从来不发这种声音。人们推测，鸟是利用此刻产生

的回声来确定方位的。

海鸬是否具有回声定位的能力呢？研究表明，大多数海鸬并不飞到南方去过冬，而是迁移到北方不冻的水面上去过冬。科学家们尚未查明，它们如何在极夜的黑暗中寻找和捕捉食物——活鱼和甲壳动物。也许水里有发光的单细胞生物，这许多夜明珠随水的动荡而闪烁发光，照亮浮游生物的路。如果不是发光的有机物，那么除了回声定位能力以外还有什么来帮助海鸬在黑暗中弄到食物呢？

海鸥有没有定位能力值得怀疑。玫瑰海鸥是海鸥中最漂亮最突出的一种。它们在极夜的黑暗中怎样寻食谋生，动物学家们还全然不知。谁也没有听到过海鸥发出的类似声信号的声音来。但这不等于它不作声。因为许多动物会发出人们听不到的超声。难道玫瑰海鸥会是这样的吗？

白海鸥的生活习性也离不开北极地带的冰，与玫瑰海鸥差不多。把它的拉丁名直译成汉语有“象牙(色)喜冰鸥”之意。暂时尚未发现白海鸥有声信号，但人们仍在不断地探索着。

陆生动物在演化进程中逐渐地完善了回声定位的功能。大家知道，蝙蝠是个突出的例子。回声定位的功能使蝙蝠能在黑暗之中准确地判断方向，回避障碍快速飞行，发现极其微小的昆虫，并在飞行之中捕捉它。我们不打算更多地谈蝙蝠。本书主要讲海洋生物。还是让我们来看一看水生动物在回声定位方面有哪些发明和创造吧！

水声学的先驱

长期以来，对水下世界的研究落后于对陆地的研究。近

年来关于水下王国里动物的生活，确实存在着极其模糊的概念。于是，猜想代替了无知。鱼，算是典型事例。大家知道，脑的高级功能学说的创始人巴甫洛夫院士用狗作实验取得成功。弗罗洛夫是第一个致力于研究鱼的生理学家。他在大约40年前的论文中得出这样的结论：鱼头脑极其简单，是愚蠢动物，没有足够的记忆。今天形成的条件反射，到明天便消失殆尽。

战争中断了对鱼的继续研究。生理学家们逐渐地习惯于弗罗洛夫的错误见解。15年后，在青年研究家普拉兹尼柯娃的论文中阐述的关于鱼行为的新概念艰难地铺筑了学者们聪明智慧的坦途。她揭示了鱼脑的秘密，她如此全神贯注，有时在学术性会议讲坛上向听众传播颇使她难为情的思想：鲫鱼比公狗更聪明。后来，普拉兹尼柯娃改为研究狗的时候没有更多地坚持这种思想。不过，她的著作在科学中留下了显明的痕迹。现在，关于鱼有相当不错的记忆和相当灵敏等概念已经不会有谁再怀疑了。

关于鱼是否有听觉的研究，也有一段相同的历史。长期以来，人们一直认为“无声世界”里不会说话的东西什么也听不见，也用不着去听。谁会想到水下世界“无声胜有声”呢？大家知道，哺乳动物最平常的装饰物——耳朵，鱼却没有。鱼光有内耳，可是没有耳甲和中耳及其中的鼓膜。由于鱼缺少声感系统最重要的结构而使人们产生错觉，认为鱼的听觉不发达，声音对鱼没有生物学意义。

其实，鱼一点儿也不聋。这是渔夫们观察得到的，也是200—250年前学者们所做的一些简单试验证明了的。较晚做的一些并不成功的实验提供了否定的结论。显然，提出否定结