

少年自然科学丛书



听不见的声音

TING BU JIAN DE SHENG YIN

内 容 提 要

人类的智慧发现了人耳听不见的超声和次声。原以为寂静的山林和田野里，却是昼夜不停地有许多小动物在喧闹；静静的海洋深处，却由海洋生物组成一支规模不小的“交响乐队”。

本书生动浅显地叙述了自然界存在的超声、次声和人类制成超声发生器、接收器用于侦察潜艇、工业清洗、除尘，为人类健康造福的事例。

听不见的声音

张镜澄 编著

晓 勇 插图·装帧

少年儿童出版社出版

(上海延安西路1538号)

新华书店上海发行所发行

上海市印刷十二厂排版 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.5 字数 58,000

1983年1月第1版 1983年1月第1次印刷

印数 1—15,000

统一书号: R 13024·160 定价: (科二)0.27元

目 录

一、认识超声.....	1
狗做算术的秘密(1)	听不见的声音(2)
有趣的动物超声(5)	海洋里动物的超声(7)
二、奇妙的发声器.....	10
吹不响的笛(10)	有趣的发现(13)
神奇的镍棒(16)	奇妙的晶体(18)
寻找新材料(21)	怎样听见超声(24)
巧妙的用途(26)	
三、侦察潜水艇.....	30
水下魔鬼(30)	怎么办(32)
听回声测距离(33)	锐利的水下眼睛(37)
坐着飞机探潜(41)	水下“哨兵”(44)
动物声纳(46)	
四、探索海洋的秘密.....	49
海员的烦恼(49)	大海有多深(51)
意外的发现(54)	一目了然(56)
五、防患于未然.....	60
火眼金睛(60)	明察秋毫(62)

巧妙的厚度测量(65) 严密监视(67)

六、新技术中的多面手.....70

攻坚“巧匠”(70) 除尘“专家”(73)

节油“模范”(76) 清洗“能手”(79) 焊接“技师”(83)

七、为人类健康造福.....87

杀菌防病(87) 治疗新方(89)

医生的好助手(92) 为农业增产出力(95)

八、神奇的次声..... 100

水母报警(100) 长跑冠军(102)

用途广泛(104) 新式武器(106)



一、认识超声

狗做算术的秘密

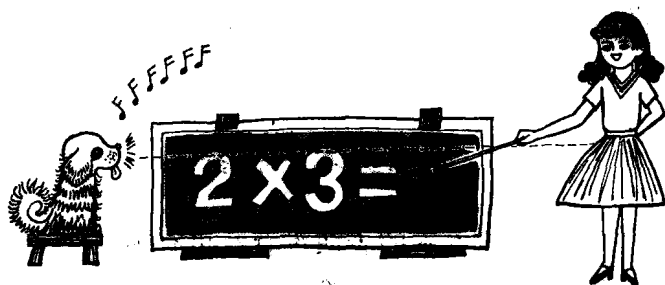
你看过狗做算术的表演没有？可有趣呢！

剧场里紫红色的帷幕徐徐地拉开了，舞台中央，一把小椅子上蹲着的“小演员”，是一只怪逗人喜爱的卷毛小狗。一位女演员告诉大家：“这是一只很聪明的小狗，名字叫小花，会做算术，加、减、乘、除都会。今天，我们让它登台考试！”说着，便在旁边的一块黑板上用白粉笔写了一道算术题： $2+3=?$ 小花似乎对着题目认真地思索了一会儿，然后，对着话筒清脆地叫了5声。接着，女演员又出一题： $2\times 3=?$ 小花清脆地叫了6声。也许，有的观众会怀疑女演员对小花狗有什么暗示动作，就再请一位小观众上台出考试题目，加、减、乘、除都有，小花狗都答对啦！剧场里响起一阵阵热烈的掌声。

表演结束了，只见这位“小演员”一面频频地点头，一面还举起一条前腿，样子怪可笑地向观众挥“手”致

意呢！

狗真会做算术吗？至今还没有这么聪明的狗。那么，这只会做算术的小狗，秘密究竟在哪里呢？



原来，秘密就在那位女演员的身上暗藏着一架小机器，她只要按一下装在衣服钮扣上的小电钮，小机器就能发出一种特别的声音信号。这种声音不管多大，人的耳朵一点儿也听不见，而狗的耳朵却能够听见。经过训练的小狗，听见这种声音信号，就会发出叫声或者停止叫声。在场的观众，如果不了解内情，是无法发现女演员在暗地里向小狗发信号的。自然，对小狗的精彩表演会感到十分惊奇了。

这种人耳听不见的声音，叫“超声”。

听不见的声音

很久以前，人们已经认识到，声音是由物体振动

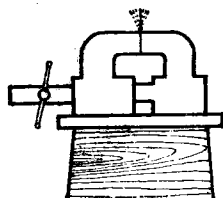
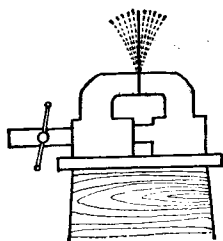
产生的。物体的振动，引起空气的波动，也就是声波。声波传进人的耳朵，引起耳膜的振动，人就听见了声音。物体振动的频率愈高，声音的音调愈高；频率愈低，音调就愈低。还在上个世纪，物理学家已经建立起比较完整的声学理论。英国物理学家瑞利在这方面作出了卓越的贡献。但是，人们对听不见的声音发生浓厚的兴趣并进行认真的研究，还是最近半个多世纪的事情。

听不见的声音究竟是怎么一回事呢？

在回答这个问题之前，我们先来做一个简单的实验。

找一条薄钢片，把它的一端夹牢在台虎钳里，再用手拨动钢片，使它振动起来，这时，你就能听到钢片振动发出的声音。然后，改变夹牢钢片的部位，使振动部分的长度逐渐变短，这时，振动频率逐渐升高，声音就愈来愈尖。当缩短到一定程度时，虽然钢片仍然在振动，你却听不见声音了。

这个实验告诉我们，并非一切振动发出的声音，人都能听得

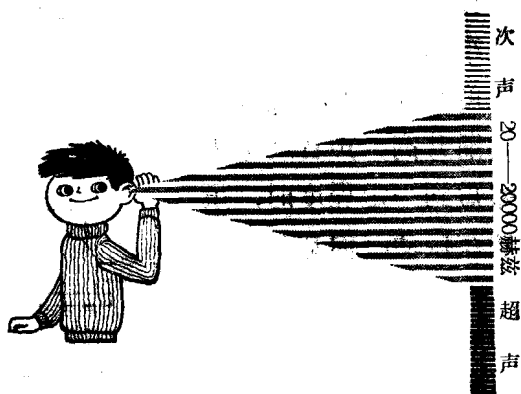


见。科学测定表明，人的耳朵挺古怪，它只能听见振动频率在 20~20000 赫兹这个范围以内的声音，超过 20000 赫兹和低于 20 赫兹的声音，人们都是充耳不闻的。如果这种声音很强，人的耳朵里会有受压迫的感觉，但不会有任何声响的感觉。

振动频率超过 20000 赫兹的声音就叫“超声”；而低于 20 赫兹的声音叫“次声”。

超声和次声都是人耳听不见的声音。

半个多世纪以来，科学工作者利用专门接收超声和次声的仪器发现，原来，人们在日常生活中就经常遇到听不见的声音，象飞机的轰隆声、时钟滴答声、电话铃响声里都含有超声。甚至我们人体也在不停地发出听不见的声音呢，心脏的跳动和肺的呼吸都会产生频率很低的次声。



在生机勃勃的自然界里，有许多听不见的声音。象大海波涛、潮水拍岸、狂风呼啸、雷电巨鸣、陨石坠地都会激起超声和次声。还有地震、海啸、火山爆发或者核爆炸时，也会伴随产生超声和次声。比如，1960年智利大地震曾经使地球产生每小时1次的次声振动，地震引起的次声波传遍全世界。

有趣的动物超声

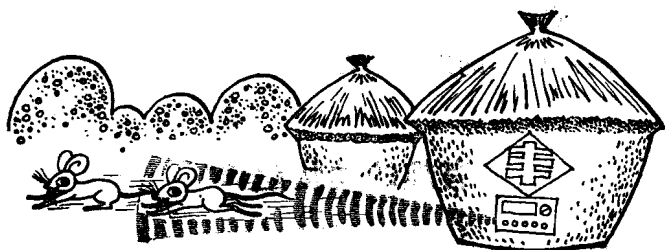
奇异的动物世界蕴藏着无穷的奥秘。在这个有趣的世界里也有许多听不见的声音，它已经引起科学家们极大的兴趣。

科学家曾经用灵敏的超声接收器测定过动物世界的超声。

俄国生物学家巴甫洛夫在他的实验室里做过试验，证明狗能听到38000赫兹的超声。农村的深夜，万籁俱寂，听不见一丝声音。有时候狗却会突然狂叫起来，这就是因为它听见了某种超声的缘故。

老鼠一生下来，就会发超声。尚未开眼的幼鼠在感到饥饿、寒冷或者“父母”远离的时候，常常会发出一种超声波来召唤成年的伙伴。老鼠在斗殴时发出的尖叫声，频率高达24000赫兹。老鼠眼睛的视力不好，故有“鼠目寸光”之说，但它的耳朵十分灵敏，弥补了视

力的不足。经过仪器测定，鼠类能听见频率高达 100 千赫兹的超声波，如果向鼠笼里发射超声波会使老鼠惊慌与骚乱。人们发现了这一点，便在粮库里面装上一架发超声的机器，利用超声波把偷粮老鼠吓跑。



蝙蝠的视力很差，但它看东西并不靠眼睛。它能发出 30~120 千赫兹的超声波，超声波遇到障碍马上被反射回来，蝙蝠听到回声，就能避开障碍。蝙蝠利用超声波，能在漆黑的夜晚，察觉横在它前面的直径只有 0.175 毫米的细铁丝。

昆虫大家庭里的许多成员，象夜蛾、蜜蜂、蟋蟀、蚱蜢和纺织娘等都会发出超声。当蝙蝠向夜蛾扑来时，夜蛾就发出超声波去干扰它的追捕；夜蛾的“耳朵”——长在肚皮上的一对鼓膜器，能听到高达 200 千赫兹的超声波，这使它能及时发觉偷袭它的蝙蝠。所以，蝙蝠要想捕捉一只夜蛾充饥也不容易。

经过测定，勤劳的蜜蜂能发出 20000~22000 赫兹的超声。而且还发现：它们在聚集成群、寻找或回巢

放下花粉、花蜜时，发出超声最强。也许，蜜蜂“一家子”就是用这种声音互相“交谈”的吧！

蠡（zhōng）斯是一种吃农作物的害虫。雄蠡斯身上有发音器，会不停地“歌唱”，一唱就是好几小时。它的歌声里包含频率高达 110 千赫兹的超声。蠡斯是人们最早发现的会发超声的动物。

有人曾经在静悄悄的夜晚，带着灵敏的超声接收器，到寂静的山林和田野里去。一路上，“听见”昆虫们发出各种奇妙的声音：有的在“高吭”，有的在“低吟”，可热闹哩！多亏人的耳朵对超声是“聋子”，否则，这些小动物昼夜不停地喧嚷，将使你一刻也得不到安宁。

饶有兴味的是，有人用录音机录下一种哑巴动物幼仔发出的超声，后来重新播放时，竟看到幼仔的“父母”在到处寻找它们的“子女”。看来，人类听不见的超声很有可能就是这种动物的“语言”！

海洋里动物的超声

浩瀚无垠的海洋里也有听不见的声音。许多海洋哺乳类动物，象个子庞大的鲸，聪明灵活的海豚，还有海狮、海豹、海狗等都具有十分完善的发射和接收超声波的器官。



人们在驯养海豚时发现，用黑布把海豚的眼睛蒙起来，它却仍然象猴子一样机灵。它同蝙蝠一样，天生具有使用超声波来发现和识别目标的本领。在印度河还有一种盲海豚，它是天生的“瞎子”，但是，它在水底下照样畅游无阻，照样准确地捕捉它爱吃的食物。科学工作者测定过海豚发出的各种声音，发现其频率范围非常广，大约在250到300000赫兹之间。它们能用这些声音互相寻找，向伙伴发出求援信号。

海洋里的小主人——许许多多海洋生物都会发出超声和次声。另外，象小鲭鱼、大黄鱼、白鲑鱼、沙丁鱼等不少鱼类还会发出各种奇妙的听得见的声音。这些海洋生物组成一支规模不小的海洋交响乐队，使得海洋世界更添生机。因此，有人以为海的世界是寂静无声、缄默无音，那就大错特错了。

总之，在这个引人入胜的世界上有许多听不见的声音，而我们平常听得见的声音只占声音世界的一部

分呀！

不过，对于研究超声的人来说，自然界的超声变幻莫测、不受控制，很难利用。为了深入研究超声波，科学家们遇到的第一个问题，就是怎样用人工的方法获得超声波。

在上个世纪末，有人曾经制造小钢片、小音叉来产生超声波，但是它们发出的超声强度太小，没有实用价值，只能当作科学玩具。本世纪以来，勤劳、智慧的科学家们不懈地努力，终于找到了好几种巧妙的方法，可以随心所欲地产生各种强度、各种频率的超声波。



二、奇妙的发声器

吹不响的笛

据说从前有一位专门研究声音的教授，他做了很多支笛子，可是，其中有一支不管怎样改变吹口的宽度，也不管用多大的劲儿吹，总是吹不出声音来。后来，他才弄明白，原来这支吹不响的笛子并非吹不出声音来，只不过它吹出来的声音，频率已经超过20000赫兹，所以，人耳听不见。

这到底是怎么一回事呢？还是让我们先从普通的笛子讲起吧！



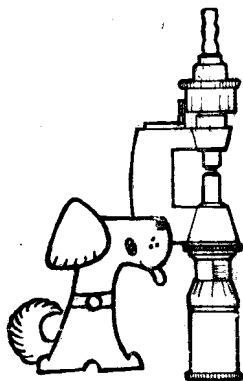
笛子是许多人喜爱的一种乐器，吹起来清脆悦耳，悠扬动听。也许，你就吹得挺好。可是，你知道笛子是怎样发声的吗？

原来，笛腔里面有一条看不见的空气柱，当这条空气柱受到人吹出的气流的影响时，会以一定的频率振动起来，于是，笛子就发出了声音。空气柱愈短，它振动的频率就愈高，声音也就愈尖锐。笛子的“肚皮”上凿有六个孔洞，开闭不同的孔洞，可以改变笛腔内振动的那段空气柱的长度，也就是改变了它的振动频率，因此，笛子能吹出高低不同的声音来。

根据这个道理，如果我们把笛腔的长度做得很短，使得振动的空气柱变得很短，那么，空气柱振动的频率就会超出人的听觉范围，这时，笛子吹出来的不就是超声波吗？！

是的，教授的那支笛吹不响正是由于笛腔的长度太短的缘故。

人们利用这一原理，制成了专门发出超声的仪器——超声笛。不过，它的“相貌”跟普通的笛子可大不一样：它是用硬质钢制成的，笛腔自然特别小，只有几个毫米深，腔底有一个活塞，可以调节它来改变笛腔的深度。对准腔口有一个圆锥形的喷嘴，这就是吹气孔。为了得到足够强的超声波，当然不是靠人嘴巴去吹，而是利用空气压缩机产生的压缩空气去



吹。压缩空气以极高的速度通过喷嘴，对着笛腔使劲猛吹，使得腔内的空气柱激烈地振动起来，这样就可以得到频率大约几万赫兹的超声波。调节腔底的活塞，可以在一定范围以内改变超声频率。

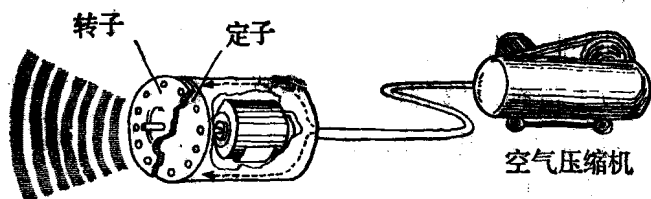
1934年，又有人利用火车汽笛的发声原理，制成另一种超声笛。

说到火车汽笛，你大概不会感到陌生吧。它能发出震耳欲聋的声音，甚至在十几公里以外也能听得见。

要使火车汽笛发出超声波，关键仍然是提高它的发声频率。

怎样提高火车汽笛的发声频率呢？

让我们把汽笛拆卸开来，先看看它是怎样发声的吧。原来在它的笛腔里有一个固定的圆盘(叫定子)和一个可以转动的圆盘(叫转子)，两个圆盘的圆周上分别钻有100个小孔。压缩空气经过管道吹进笛腔内，只有当两个圆盘上的小孔互相重合时，才能穿过小孔向外喷出。当电动机带动转子旋转时，两个圆盘上的小



孔就时而重合、时而分开，喷出之气流也就时断时续，这就使得周围的空气时而压缩、时而稀疏地振动起来，于是，汽笛便发出声音了。

很明显，转子旋转得愈快，发声频率就愈高。因此，只要提高电动机的转速，使转子旋转的速度超过每秒 200 转，汽笛就能发出高于 20000 赫兹的超声波了。

如果调节电动机的转速，还可以在一定范围内改变超声波的频率。

利用这种方法制成的超声汽笛，能产生多强的超声波呢？有人做过一个有趣的试验，他把一小团棉花放到汽笛附近，这时，你猜怎么样？棉花团吸收了超声波的能量顷刻发热，不消几秒钟，它已化作一缕青烟！

这种笛本来在火车上是用高压蒸汽来“吹”的，所以叫汽笛。有人把它安装在机场上空，利用它发出的超声来驱赶飞鸟，因为鸟儿在跟飞机高速相撞时，好比一颗“子弹”，会引起飞行事故。此外，超声笛在工业部门也有许多用途。

有趣的发现

现在我们来看看，除开笛这一类机械式发声器外，