

超 声

邵 燮 麟

《知識丛书》編輯委员会編

知識就是力量。一个革命干部需要有古今中外的丰富知識作为从事工作和学习理論的基础。《知識丛书》就是为了滿足这个需要而編印的；内容包括哲学、社会科学、自然科学、历史、地理、国际問題、文学、艺术和日常生活等知識。为了使这一套丛书編写得更好，我們期望讀者們和作者們予以支持和合作，提供意見和批評。

• **《知識丛书》編輯委员会**

超 声

邵 燮 麟

•

科学普及出版社出版

(北京西直門外郝家灣)

北京市书刊出版业营业許可証出字第112号

工业印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

•

开本：787 × 960 $\frac{1}{32}$ · 印張：2 $\frac{10}{32}$ · 字數：32,000

1962年7月第1版

1962年7月北京第1次印刷

印数 10,000 定价 (7) 0.25 元

統一书号：13051·1· 总号：001

写在前面

在我們这一世紀的最初几年，超声只是一种并不引人注意的物理現象，但是，当人們了解到它的各种特性以后，超声便一跃而为国民經济和科学研究的重要技术手段。在工业中，它能帮助我們揭露隐藏在金屬内部的缺陷；它可以切割陶瓷、鋼铁、玻璃、碳化鎢，甚至象金剛石那样坚硬的材料，还能在这些材料上根据不同的加工要求打出各种形状的洞孔来；它又能把固体捣碎成极微細的顆粒，并能击碎液体，使两种原来不相溶的液体均匀混合起来，真正做到“水乳交融”。在农业中，超声能縮短种子的休眠期，促进发芽。在科学研究中，超声是研究物质結構、測量各种物理量的良好工具；应用它不仅能够观察和判断化学反应过程，并且能促进化学变化。在海洋里，超声既能偵察海底情形（沉沒的船舰、潜水艇及暗礁等），确定魚群的动向，又能作为水下通信工具。超声也是医师們的灵巧助手，它能帮助医师診斷人体内部肿瘤的位置，治疗神經痛、关节炎等病症。在人們的

日常生活中，超声也能完成洗濯、消毒等等工作。超声称得上是新技术中的多面手。

但是，同任何工具的运用一样，超声的应用也有一定的限度，一定的范围，并不是万能的。例如：超声虽能探伤，但不一定能探查出任何材料中任何大小的伤。超声虽能凝聚、沉降气体、液体中的微尘细粒，但并不能凝降无论多么稀少的微粒。而且到目前为止，在超声的性质研究和应用方面，还有许多悬而未决的问题，有待于进一步探索。

由于超声在生产上和科学研究方面有着广泛的用途，它已经成为近代物理学中一个重要的研究课题，形成声学的一个新分支——超声学。超声学的主要任务就是研究超声的特性、作用，用人工产生超声的方法，以及超声的应用等。本书就是试图通俗概括地介绍超声学所研究的内容。

本书主要是根据我在1958年为上海科技出版社编写的《超声及其应用》（署名邵卫平编）一书重新整理改编的。在改编时，参考了《超声原理及其应用》（应崇福等著，科普出版社，1959年）、《听不见的声音》（库德利亚采夫著，朱邦俊、李洛童译，科普出版社，1958年）、《超声波及其应用》（罗森别尔格著，方明译，中华全国科

普协会, 1955 年)、《超声工程》(克洛福德著, 杜連耀、应崇福译, 科学出版社, 1959 年) 等书, 改編后又由中国科学院电子学研究所查济璇同志帮助校正。謹向以上书籍的著譯者和查济璇同志表示感謝。

衷心地希望讀者提出批評和建議。

邵 燮 麟

1962 年 6 月

目 次

写在前面

一、声音里的超声.....	1
声音的本质.....	1
听不見的声音.....	5
蝙蝠飞行之谜.....	6
第一次功勋.....	8
二、超声的特性.....	10
傳布很象光綫.....	10
与声音相似的吸收特性.....	13
超声的能量.....	14
空化作用.....	16
三、超声的产生和測量.....	18
机械型超声发生器.....	18
电声型超声发生器.....	22
聚焦和測量.....	25
四、超声在工、农业中的应用.....	28
超声加工.....	28
超声焊接.....	30
在冶金工业中.....	32
无形的“錘子”.....	33

在化学工业中.....	35
超声“清洁工”.....	36
无损探伤新法.....	38
为农业服务.....	40
五、超声用于测量	42
测量流速.....	42
超声溫度計.....	43
物体有多厚?	44
彈性有多大?	45
超声粘度計.....	48
超声探测海洋.....	49
六、多能的助手	53
超声的化学作用.....	53
超声显微鏡.....	54
探索物质内部結構.....	56
对微生物的作用.....	57
医师的好助手.....	58
自动器和延迟綫.....	60
超声的其他用处.....	61
結束語.....	64

一、声音里的超声

声音的本质

世界上充满了各种各样的声音。长久以来，人类对声音进行了许多探索。大约二千五百年前，希腊学者毕达哥拉斯就已做过最早的声学试验。亚里士多德曾探究了声音的传播，并提出声音的波动的基本性质。但是由于受当时社会生产力和科学发展水平的限制，试验还是很简单的，见解也是很粗浅的。直到十九世纪中叶，特别经过瑞利(英国)等科学家的研究，建立了关于声音的许多比较完善的科学理论，人们对声音才算有了比较系统的认识。

原先，声学研究都是针对我们能够听到的声音，而研究的目的，也是为了服务于我们的听觉。约在本世纪初，又发现了同普通声音虽说没有本质区别，但对人却是“充耳不闻”的超声。超声的存在是不奇怪的，声音一定要和“听得见”联系起来，这是我们的主观印象。其实，听得见的和听不见的声音，都是介质(传播声音的媒介物，包括气体、液体、固体)

的一种振动，或准确些說，是一种力学的波动。

要想了解超声，就应该先了解一下听得見的声音。声音是怎样产生的呢？我們可用簧片振动为例来说明这个问题。用鉗子夹住一根簧片，在簧片不动的时候，它周围的空气分布是很均匀的(图 1 上)。如果撥动一下簧片，随着簧片的振动，簧片两侧邻近的空气就发生了疏密相間的波动，傳布开去(图 1 下)，結果产生了所謂“声波”。空气的波动傳送到人的耳朵，振动了耳膜，刺激了我們的听觉神經，因而产生了声音的感觉。

如果簧片振动得很强烈，就会产生强度很大的声波，我們听到的声音就很响。相反，强

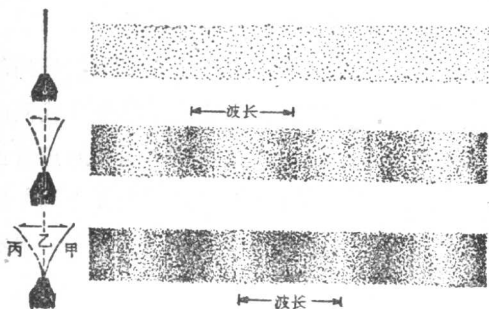


图 1 簧片振动发出声音

度就小，声音就弱。如果簧片振动得快，声音的音调就高，听起来便比较尖锐，相反，音调就低。由此可见，声音起源于物体的振动。簧片在一秒钟内振动的次数，叫做频率。物理学上把每秒钟振动一次的频率，定名为1赫（或赫芝）。声学中最基本的概念，除了频率而外，还有一个波长。如图1所示，波长是声波传播时相邻的两个紧密中心或稀疏中心之间的距离。既然波长表示一个完全振动所传播的距离，而频率表示每秒钟振动的次数，所以声波在每秒钟内传播的距离，即声波的传播速度，便等于波长和频率的乘积了，可表示成：传播速度 = 波长 × 频率。

声波不仅可以在空气中传播，同样可在其他物质中传播，但是它在各种物质中的传播速度是不一样的。即使在同一种物质中，传播速度也会因物质本身的温度、压力和杂质含量的不同而有所差异。

从表1中所列数据可以看出：声波在气体物质中传播很慢，在液体中跑得稍快些，在固体物质特别是在金属中传播的就更快了。这是因为声音在物体中传播的速度，与物体的密度和弹性有关，一般说，物体的密度愈大，或者弹性愈小，传播速度就愈小；反之，传播速度

表1 声波在各种物质中的傳布速度

物 质	傳布速度(米/秒)	溫 度 (摄氏)
空 气	331	0
	343	20
二 氧 化 碳	259	0
氧	316	0
	328	20
氢	1,280	0
水 蒸 气	401	0
	405	100
淡 水	1,430	17
海 水	1,500	17
石 油	1,330	15
鋼	6,100	20
铁	5,850	20
镍	5,600	20
鋁	6,400	20
石 英	5,370	20
榆 木	1,010	20

就愈大。固体的密度虽然很大，但因它的彈性也特別大，所以声音在固体中的傳布速度，要比在气体和液体中都大得多。如果設想把某位歌唱家的歌声从上海送到北京（約 1,500 公里路程），从空气中傳布要走 1 小时 13 分 30 秒钟左右；走水道（假設也是 1,500 公里长）則需要 16 分 36 秒钟；如果沿着鋼軌傳送，則只要 4

分20秒钟就可达到北京。声速的这一特性，跟声音的某些应用关系很大，所以常常引起我們特别注意。

听不見的声音

上面說到，当物体振动而使其周圍空气随着振动的时候，傳到人的耳朵里，人們便有了声音的感觉。在一般情况下，这种說法是正确的，但是并不全面，因为不是無論物体怎样振动，都会刺激我們产生声音的感觉。物体振动各不相同，有的快有的慢，有的振动强度大有的振动强度小。由于听觉神經的功能有限，振动强度过弱的声音，我們便听不見；而振动强度过强，則只会使我們感到痛而难受，但是听不清楚。特别是当振动过慢和过快，比如頻率低于20赫或高于2万赫时，我們便也听不見了。

蟋蟀、蚱蜢、紡織娘等昆虫，能发出頻率高于2万5千赫的振动。强力的旋風、迅速轉动的車輪，以及急速的水流冲击等等，也能发生頻率高于2万赫的振动。我們心臟的跳动，則发出8~16赫的振动；輕風、海浪、机器的振动、地震和火药爆炸，甚至高楼大厦、桅杆、铁塔本身的微微摆动，都会产生頻率低于16赫的振动。但我們对这些实际存在的振动，却是

“听而不闻”的。

不少动物的听觉要比人灵敏得多，巴甫洛夫曾经做过一个有趣的试验，结果证明狗可以听到频率为 38,000 赫的声音；很多种鸟的听觉比狗还要敏锐，它们对于 40,000 赫以上的声音还很敏感。

通常将频率比 20 赫更低的振动叫做“次声”。次声在介质中传播时，能量损失较小，因而能传播得很远。目前已经利用接收次声的方法，来探测远方的原子核爆炸试验和预报地震。频率超过 2 万赫的振动，就是“超声”。如果从强调波动特性着眼，有时也用到与“声波”相对应的名词——“超声波”。

前面我们指出了超声和平常的可听声没有本质上的差别，只有量的差别。但是这种量的差别，也引起了一些性能上的差异，因此它有独特的用处。多方面的探索证明，超声在工业、农业、医疗、国防等方面，都有广泛的应用。

蝙蝠飞行之谜

夏天的傍晚，我们可以看到黑褐色的蝙蝠在低空中飞行。蝙蝠的飞行与鸟类不同，歪歪斜斜，跌跌撞撞，总好象会和树木、房屋碰撞似的。可是它不仅能在障碍林立的低空中飞行

自如，从不会发生碰撞事故，而且能准确地捕食小虫。大約它的視力特別敏銳吧？多少年来，很多人作过各种各样的解釋，想說明蝙蝠有极敏銳的視觉。二百多年以前，意大利科学家斯勃拉采尼，为了研究蝙蝠的視力对飞行究竟有多大帮助，曾把蝙蝠的眼睛弄瞎。然而，瞎眼的蝙蝠竟仍然能够照常飞行和捕食小虫。所以斯勃拉采尼断定：帮助蝙蝠飞行和捕食的决不是它的視觉。他又把蝙蝠的鼻子封紧，舌头也割掉，結果证明，破坏嗅觉和味觉也并不影响蝙蝠的飞行和捕食。斯勃拉采尼又用油漆塗滿蝙蝠的全身，仍旧看不出对它飞行和捕食有明显的影响。最后，斯勃拉采尼把蝙蝠的耳朵紧紧塞住，再观察它的活动。这一次終於得到了答案：失去听觉的蝙蝠，竟和树木、房屋乱碰乱撞，甚至撞昏在地上，变得一筹莫展。他对一大批蝙蝠作了同样的試驗，結果证明丧失听觉的蝙蝠都不能保证飞行的安全。

究竟蝙蝠的听觉是怎样帮助飞行和捕食的呢？这个問題斯勃拉采尼一直沒有搞清楚。

当現代学者掌握了超声的知識以后，就联想到蝙蝠的听觉。經過仔細的研究证明：蝙蝠的小嘴在飞行时会朝一定方向发出断續的超声信号；这种超声信号碰到障碍物就反射回来，

它能十分灵敏地听取反射信号。蝙蝠在休息时每分钟发出5~10个信号，飞行时则随障碍物的距离自行增减。当距离障碍物20米的时候，它每分钟发出8个信号；而在距离障碍物只有1米时，每分钟发出的信号便增至60个。蝙蝠就靠着判断反射信号的快慢和强弱，来确定自己的行动。

搞清楚蝙蝠飞行的秘密，使人们注意到超声和动物生活的关系。从这里也可以看出，彻底地探究自然界中的各种现象，常常会使我们在认识自然和改造自然中得到很大的启发。

第一次功勋

超声的原始应用在很早以前就已经有了。例如，狩猎者知道用一根细长竹管做成的笛子，吹出人耳听不见的声音，而猎犬一听到这种声音后，便会立刻跑到主人身边来。

在十九世纪末年，科学家逐渐知道了超声的某些基本性质。俄国物理学家列别杰夫对超声在气体、液体和固体中的传播进行了系统的研究工作，为超声的理论探讨奠定了基础。

第一个应用超声的独特性质来解决实际问题的功绩，应归于杰出的法国物理学家保罗·郎之万。在第一次世界大战中，德国使用了新

发明的潜水艇，使美国、法国的军舰受到严重的威胁。1918年，郎之万提出利用超声在水中传播时碰到障碍物会反射回来的原理，来发现匿藏的潜水艇，测定潜水艇的位置，使军舰能及时作好准备，予以歼击，结果得到很大的成功。从此，研究和利用超声的工作，就大为受到人们的重视，而超声在国民经济各方面的新应用，也日益被发掘出来了。

二、超声的特性

傳布很象光綫

人在高声喊叫时，在他的前、后、左、右都能听得見，收音机的声音也能穿过門窗、繞过墙壁傳到室外很远的地方，这都說明声音离开声源后是向四面八方傳布的。因此我們說，可听到的声音是沒有方向性的，或者說是方向性很小的。我們熟知的光却大不相同，阳光下的行人会在地面形成阴影，灯光穿过窗戶就成为光束。这些說明光波一般都是以严格的直綫傳布的。为什么光波和声波在傳布特性方面有这么显著的不同呢？

波(包括声波、光波等等)从波源(如声源、光源等等)发出后，是按直綫傳布还是向各个方向散开，是由波源和波长两者的相对比例大小所决定的。波通过障碍物上的小孔后，是直綫前进还是四散开去，則是由小孔和波长两者的相对比例大小来决定。如果小孔或波源比波长小或者与波长接近，波动从波源发出或經過小孔后将向各个方向傳布开去。人說話时各个方