

133686



53.54059
KDL

8 2181

1962.11.2



听不见的声音

(苏联)库德利亚夫采夫著



84
65
科学出版社

听 不 见 的 声 音

〔苏联〕庫德利亞夫采夫著

朱 邦 俊 李 洛 童 譯

科 学 普 及 出 版 社

1958年·北京

本書提要

听不見的声音——超声波，是我們比較陌生的东西，但是這項科学技术新成就，应用的越来越广泛了。

這本書的內容，包括超声波的性質、历史以及它在科学技术方面的各种应用。

本書內容十分生动，通俗，还配合有大量形象化的插图，可以说是一本了解超声波的优秀的通俗科学讀物。

总号：857

听不見的声音

НЕСЛЫШИМЫЕ ЗВУКИ

原著者：B. B. КУДРЯВЦЕВ

原出版者：ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК ВЛКСМ
“МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ”，1957

譯者：朱 邦 俊 李 洛 意

出版者：科学普及出版社

(北京市西便門外柳樹園)

北京市書刊出版業營業證可証出字第001号

發行者：新 華 書 店

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

(北京市西便門南大街乙1号)

开 本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張：4 $\frac{1}{4}$

1958年8月第 1 版 字数：78,200

1958年8月第1次印刷 印数：7,070

統一書号：13051·147

定 价：(9) 5 角

目 次

作者的話	1
第一章 声音的世界	3
先談談听得見的聲音	5
聲音的競賽	7
可聞度規律	10
超聲波	10
第二章 超聲波最早的应用	14
很多年以前	14
当危險威胁着法國的時候	15
聲和光	17
奇妙的晶体	19
幫助自然界	22
怎樣制成超聲波發生器	25
怎樣“聽見”听不見的聲音	26
變壓器為什麼會嗡嗡叫	28
可靠的“偵察者”	30
機械守衛者	34
超聲波回聲測深器	36
超聲波變成能看得見的東西	39
第三章 超聲波和生物	44
蝙蝠之謎	44
沿着自然界所指出的道路	47
超聲波對最簡單的生物的作用	49
魚怎麼啦	52
第四章 聲化學	55
第一步	55
電荷和氣泡	57
高分子	60
听不見的聲音的特性的兩重性	62
神秘的光	64
超聲波代替時間	66
第五章 人的帮手	67
能搗碎的聲音	67

超声波帮助拯救人的生命	71
科学和实践	72
超声波洗濯毛織品	74
超声波熔鉄	76
超声波鑿子	78
超声波清潔空气	80
新的超声波源	82
超声波和冶金	85
超声波帮助提高生产	86
流化作用	88
第六章 超声波檢查	90
声音製品檢查員	90
超声波渗透法	91
反射式探伤器	93
机械記憶	97
克服障碍	98
超声波进行診斷	101
超声波怎样帮助我們研究地球的構造	106
超声波檢查化学变化	107
怎样知道物質的彈性	110
奇妙的溫度計	113
自动分析器	116
超声波流速測定計	117
厚度測定計	120
第七章 超声波显微镜	122
超声波光学	122
超声波显微镜的構造	125
新型結構	127
超声波显微镜的实际应用	129
附 录 最簡單的超声波發生器的構造	132

作者的話

这本小册子叙述一种年輕的、迅速發展的知識領域內所获得的成就。

20世紀初所發現的听不見的声音，立刻引起了各种不同科学技术部門的研究人員的注意。研究听不見的声音的性質及其实际应用的科学工作，已經数以千計。

在听不見的声音這門科学的發展史中，苏联科学家起着显著的作用。我們的国家是最先实际应用超声波的国家。偉大的俄罗斯物理学家彼得·尼柯拉耶維奇·列別捷夫最早將超声波用于自己的研究中。从那时起，我們的同胞就走在研究听不見的声音的最前列，不断發現实际应用听不見的声音的新可能性。

回溯一下科学的發展，也和讀一本有趣的小說一样有意思。我們每一个人都能說出他爱不释手的書。你想想看，你曾經多么激动地注視着書中主人公的命运，如何为他的成就而欢乐，当他的命运很不幸时，你又是如何的悲伤。你想想看，你如何想知道他以后的命运，你如何尽力地猜想，前面有什么在等待着他，他能得到些什么，而在他开始的事業中，將有哪些不能完成。

当你回溯科学的發展时，你將会有同样的感受，你很想看一看明天的科学將會是什么样子。

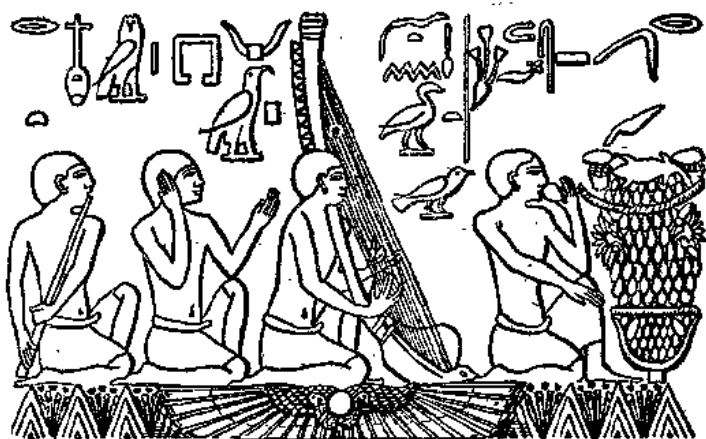
在这本書里，我們要談一談听不見的声音这个領域內的各种發現。这本小册子中所講的听不見的声音的某些应用，很可能將來不能得到实现。我們在講述超声波的作用时，也

完全可能会犯錯誤。当將來發現这个錯誤时，就需要回过头来重新开始工作……那时就要記住卡尔·馬克思的話：“在科学上面是沒有平坦的大路可走的，只有那在崎嶇小路的攀登上不畏劳苦的人，有希望到达光輝的頂点。”^①

如果讀者中有人对听不見的声音的应用感到兴趣，并願意致力于这門知識領域的發展，那末，在他的面前將要打开通向寬广有趣的科学研究世界之門。

目前，对听不見的声音的研究为自然界的研究者提供了一望無际的活动場所，为人类的創造力开辟了巨大的可能性。

① - 見馬克思著“資本論”法文譯本之序与跋，郭大力、王亞南譯，人民出版社出版。



第一章 声音的世界

我們生活的世界充滿了聲音。要是沒有聲音，世界將會是難以描述的枯燥。我們對森林的概念總和鳥兒的歌唱及樹葉的沙沙聲密切地聯繫在一起；田野的概念和各種昆蟲的叫聲密切聯繫起來；對海的概念則和波浪翻滾聲及波濤拍岸聲密不可分；對城市的概念和稱為“市囂”的各色各樣的聲音密不可分；在市囂聲中，逐漸離開遠的火車汽笛聲、電車的鈴聲、斷斷續續的言語和音樂聲、無數工廠的汽笛聲匯合成了一種獨特的交響樂。

很久很久以前，人們就開始尋找悅耳的聲音組合——構成了音樂的旋律。音樂真正可以算作是最古老的艺术之一。由於音樂旋律魔術般的作用，產生了许多有詩意的神話。我們的祖先甚至認為聲音具有魔術般的性質。他們認為音樂可

以馴服兇猛의 野兽，可以移动森林和峭壁，可以阻擋住水流，可以平息狂風暴雨。早在远古的时候，人們已經学会了制造乐器。在埃及的古蹟中，我們可以看到音乐家吹橫笛和彈立琴的圖画。

古代的人民也奠定了关于声音的科学——或者像我們現在所說的声学——的基础。据現在我們所能知道的來說，2,500 年以前的希腊哲学家和科学家畢达哥拉斯就已經进行了最早的声学实验。

从那时起，人們作了不少努力去了解声音的本質和特性。因而到 19 世紀末叶，逐漸形成了一种看法，認為有关声音的一切，我們几乎已經完全了解。似乎在声学中，只能来闡明已經了解的現象，只能用更完善的仪器以較小的誤差来測定一些过去已經測定(虽然粗略一些)的数值，但是要發現什么新东西是不可能的。

这种看法是不正确的。

我們对周圍世界的認識是不断扩展和深入的。列宁教导我們說：“…如果这个深化在昨天还没有超过原子，在今天还没有超过电子和以太，那末辯証唯物主义坚持着人的日益进步的科學在認識自然上的这一切里程碑的暫时的、相对的、近似的性質。电子像原子一样是不可穷尽的，自然界是無限的…”^①

事实上，即使是在声音的世界里，也隱藏着人們猜想不到的秘密。当科学家們正傾向于声学中的一切都已经了解的这种想法时，人們却揭开了知識中的新的奇妙的一頁，打开了通往前所未知的自然王国之門——这就是听不見的声音的

^① 見列宁著“唯物主义与經驗批判主义”，曹保华譯，人民出版社出版，1956 年版，267 頁。

王国。

这个发现对科学的发展具有重大的意义。了解了听不见的声音的本质和特性，人们可以利用它作为进一步深入自然秘密的工具。它成了人类的助手。

先谈谈听得见的声音

不了解普通听得见的声音，就不可能了解听不见的声音。因此，我们很简短地和读者谈谈人耳能听见的普通声音的本质和特性。

我们刚一醒来，就会听到许多声音。我们来倾听一下这些声音。例如，工厂响起了汽笛声。

发出汽笛声的那一瞬间是怎样的情况呢？

管理人打开了活门，压缩了的空气急速地冲到外面，扩散开来，占据了大得多的容积。极小的空气质点受到冲击的驱动，移动了位置。但是这些分子不能走得太远。它们急剧地向前挤压，和它们前面的空气层中的分子混合起来。因此，邻近的空气层中在极短的一瞬间含有比原先多得多的分子。也就是说，在这一瞬间，其中的压力增加了，空气变得更密了。

汽笛断续地送出一股股压缩的空气，因而这样的分子冲击在1秒钟内要发生许多次。

当一股空气刚一中止的瞬间，在压缩空气层近旁的空气层中，暂时形成了分子不足的情况。因此，在压缩的、压力增加的空气层近旁，产生了稀疏的、压力减小的空气层。在鸣汽笛的时候，压缩和稀疏的空气层就向各个方向传播开去。

交替的压缩和稀疏传到入耳中去，就产生了声音的感觉。

由此可见，我们称为声音的，也就是一连串空气压缩和

稀疏的迅速交替变换。

但此时空气的质点并不随着声音的传播而移动。分子受到紧縮空气的冲击以后，仅只是發生振動，在一个很小的距离內前后移动着。

当水面上傳播着水波时，也可以看到类似的运动；这时水面不再是平坦的了：有些地方上升起来形成波峯，另一些地方降落下去形成波谷（見圖1）。

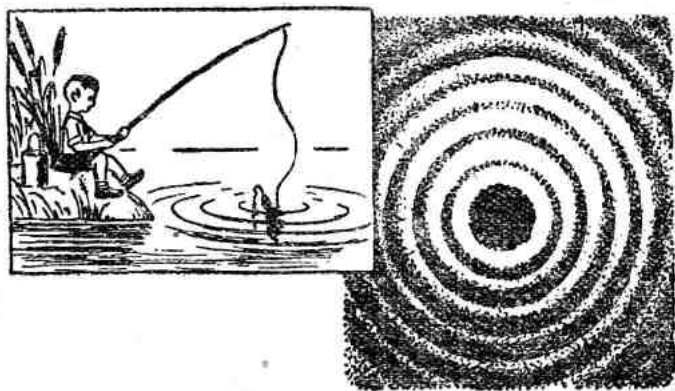


圖 1 水面上的波。

这种运动称为波动。

看一下丢在水面上的浮子，我們就会發現，浮子只是忽上忽下地振動，并不随着波的傳播而沿水面移动。

这說明水的分子并不随波一塊移动，它們只是在自己的平均位置附近振動，而这种振動式的运动就由物質的分子越来越远地傳播开去，就好像运动場上的運動員傳遞接力棒一样。

在水面上，波峯后面跟着波谷；而在傳播着声音的空气中，分子的密集被分子的稀疏所代替：在两种情况下，物質

的各个单独分子都在作振动式的运动。

由于空气质点的运动和水质点相似，所以空气中的交替紧缩和稀疏称为声波。

当声波到达空间的某一点时，以前没有作规则运动的物质质点就开始振动起来。任何运动的物体，包括振动的物体在内，都能够作功，通常说它们具有能量。很明显，声波的传播也伴随着能量的传播。这个能量的来源是发出声音的物体。正是发声物体向周围的物质发射出能量。

声音的竞赛

任何物体——琴弦、留声机的震动膜、喇叭的纸盆等等——振动时都能产生声音，并在空气中传播。

能够传播声音的不仅仅是空气。

在庫里科夫战役之前，公爵季米特利·东斯康出外侦察，他将耳朵贴在地上，就听到了马蹄声；敌人的骑兵队来了。在这种情况下，声音是在地中传播的。

在不同的物质中，声音的传播速度也不相同。

在空气中，声音的速度不很大，在一般条件下，仅为每秒332米。假使我们叫得非常响，响得声音能够从莫斯科传到列宁格勒，那末，在那里要经过一小时半才能听到这声音。

声音在水中传播得比较快一些：每秒钟约能走1.5千米。声音走“水路”由莫斯科到列宁格勒，需要走7分钟左右。

声音在固体中的传播速度要更大一些。例如，声音在铁棒中每秒钟能跑5千米左右，它能在2分钟左右的时间内，沿着钢轨走完从莫斯科到列宁格勒的路程。

在日常生活中，我們根据声音的强度和音調来区别声音。

声音的音調决定于發声体的振动頻率。頻率越高，声波中一秒鐘內發生的压缩和稀疏的数目就越大，声音的音調就越高。

振动頻率用称为赫的單位来测量。一秒鐘內振动一次的頻率就是一赫。1,000 赫称为千赫。

不同音調的声音，其傳播速度是相同的。因此，在頻率較高的声音中，相鄰压缩区或稀疏区間的距离，要比頻率較低的声音中小一些。

空气中两个相鄰压缩区或相鄰稀疏区間的距离称为声波的波長。声音的頻率越高，波長就越短(圖2)。

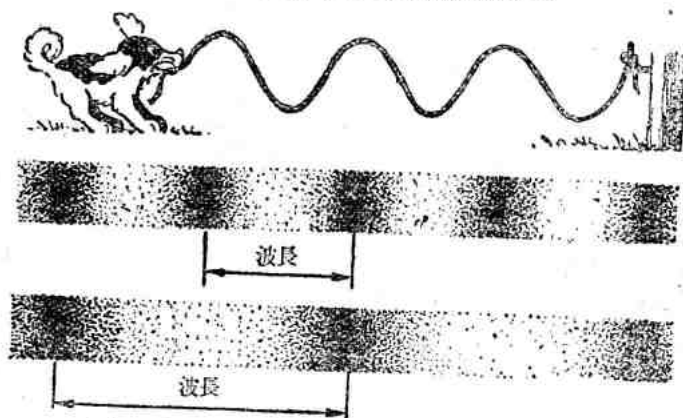


圖2 在頻率不同的兩個波中，空气分子的分佈情况。

人耳对声音音調的感觉很灵敏。有鑑賞音乐的耳力的人能够辨别頻率为 1,000 次振盪和 1,003 次振盪的兩個声音！

但是，兩個音調完全相同的聲音仍然能使我们产生不同的感觉：我們觉得其中的一个比另一个响一些。在同一頻率

时，声音的强度决定于发声体振动的幅度。

振动幅度较大的发声体引起的空气压力变化较大，因而声音就强一些。压力变化越大，声音强度就越大(圖 3)。

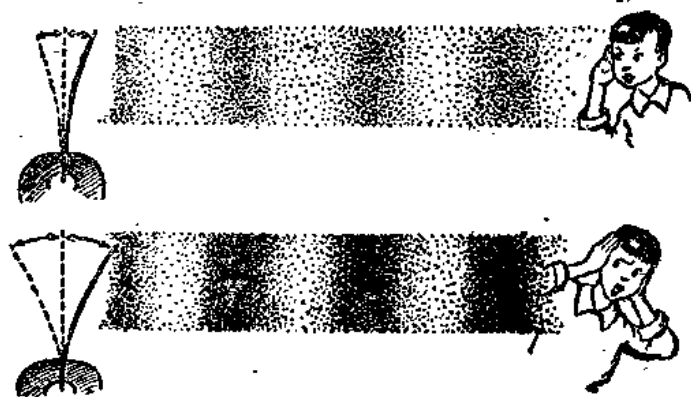


圖 3 声音强度决定于物体的振动幅度。

近年来，科学家創造了强度極大的声源，或者如通常所說的，功率極大的声源。

我們試將声能变成热能，那末我們就可以看到，普通声源所輻射的能量和現代强功率声音發生器的能量比起来是多么小。的確，如果將我們談話时所發出的能量变为热能来將一杯水加热到沸点，則根据声音响度的不同，需要連續不断地談話 70 年到 2,000 年。但 如果利用現代强功率声源輻射的能量，則只需要 7 分鐘。

我們通常用听觉来估計声音的强度，但是不能用听觉来測量它，因为耳朵的灵敏度具有它本身的特点。正是由于这种特点，說明了为什么我們这么長時間不知道超声波的存在，为什么在声学这个古老的知識領域內，仍然有整整一大章还像地圖上的“白点”一样沒有被研究过。

可聞度規律

人耳对不同頻率的声音感受的程度也不同。它对頻率为每秒 1,000 次振盪到 3,000 次振盪範圍内的声音特别灵敏。在这一範圍内，我們甚至可以感受到这样的声波，其中压力的变化只为蚊子落到人手时人手所感到的压力变化的千分之一。即使是由于空气分子不規則运动而使得空气密度偶然增加，我們也能感觉得到这种声音。但因为这种密集是不断發生的，所以在这种情况下，我們周圍的世界充滿了一刻不停的噪声。

耳朵的灵敏度以声音尚能被听到时的最小声强来表示——这就是听觉閾。自然，灵敏度越高，听觉閾就越低。

随着声音頻率的减小，我們对它的感受能力就越小，听觉閾也就相应地增高。

为了使頻率为每秒 100 次振盪音調很低的声音能够被听得到，那么它就应该比例如頻率为每秒 3,000 次振盪的声音强一些。

振盪極緩慢的声波(例如每秒振盪次数少于 16 次—20 次)，人耳完全听不見。这是听不見的亞声波。

对人类來說，耳朵听不見低頻振盪的情况是很重要的：这使得我們听不見自己心臟的跳动，否則我們就会把这种跳动听成轟隆轟隆的声音。

超 声 波

人耳也听不到頻率很高的声音。根据人的年齡和每人特点的不同，人們听不見頻率高于每秒 16—20 千次振盪的声音。

这种人耳听不見的高頻声波振盪称为超声波。

所有声音的物理性質是相同的，我們看到，將声波分成听得見的和听不見的，是根据我們耳朵的特点硬把它划分开的。

在頻率和听得見的声音相应的声波中，我們的耳朵也听不到非常弱的和非常强的声音。

当声音强度变得足够大时，人就再不能听到声音，而对声波振盪的感受就是感觉到压力或疼痛。这种声强称为痛觉閾。

經驗表明，不同頻率的声音开始引起痛觉的声强是不同的；因此可以得出結論，即痛觉閾随着頻率的变化而改变。在人耳灵敏度最大的頻率範圍內，即我們能听到最弱声音的範圍內，我們的耳朵也能無痛地感受很强的声音。

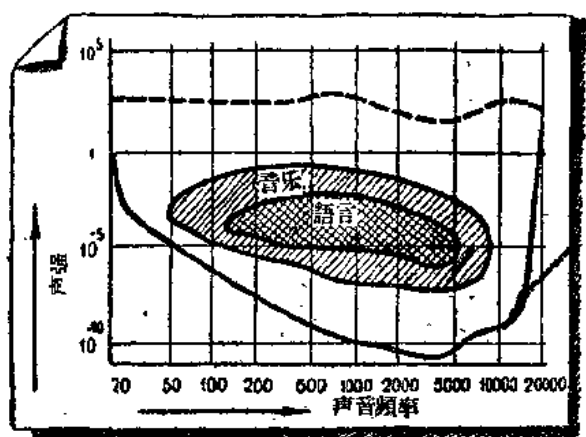


圖 4 可听声音范围。

如果人耳能听到的最弱声强作为 1，那末，在同样的頻率上尚不致引起痛疼感觉的最大声强就要用 1 再加上 12 个

0 的数字来表示。

上面所說的很容易由圖 4 來表明。沿水平軸取聲音頻率，沿垂直軸取聲強。

實綫表示聽覺閾，而虛綫表示痛覺閾。

一看圖就可以知道，當頻率大大增加或減小時，上下兩條曲綫就逐漸接近。圖中還畫出了和人耳能感覺到聲音的聲波相對應的一定頻率範圍。在這個範圍中的斜綫部分是談話和音樂中應用的聲波。我們可以看到，這只是人耳能聽到的聲波中的很小一部分。

無疑地，很多讀者會這樣想：聲音振盪頻率的增長有沒有一個界限呢？



彼得·尼柯拉耶維奇·列別捷夫