

59.428
584

蘇聯大眾科學叢書

覺聽和聲音

蘇斯洛夫著
高文光譯



商務印書館

蘇聯大眾科學叢書

聲 音 和 聽 覺

Б. Н. 蘇斯洛夫 著
高 文 兆 譯

商 務 印 書 館

Б. Н. СУСЛОВ
ЗВУК И СЛЫХ

蘇聯大眾科學叢書
聲 音 和 聽 覺
高 文 兆 譯

★版權所有★
商 務 印 書 館 出 版
上海河南中路二一號
中 國 圖 書 發 行 公 司 發 行
商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷
(54023)

1952年12月初版 1953年5月再版
印數4,501—9,500 定價¥2,200

目 次

引 言	1
(I) 聲音的產生	2
一 特殊運動的形成	2
二 聲音的高度	4
三 聲波	6
四 聲音的導體	9
(II) 有組織的聲音和無組織的聲音	11
一 噪音	11
二 樂音	13
三 習慣音	16
(III) 耳朵是怎樣聽的?	18
一 耳朵的構造	18
二 聲音的數學	20
三 人們能聽到多少聲音呢?	23
四 聾人也能聽到聲音嗎?	23
(IV) 聲音的傳播	25
一 聲音的速度	25
二 什麼時候在遠方能聽到在近處反而聽不到	28
三 什麼時候牆會低語呢?	32

四 看不見的障礙.....	34
五 瞎偵探.....	35
六 聽不見的聲音.....	37
尾 語	40

引 言

我們生活在聲音的世界裏。不論我們在什麼地方或者作什麼工作，總是到處都有各種不同的聲音伴隨着我們。我們的每一個動作都會引起聲音，如沙沙聲、颯颯聲、咯咯聲和敲打聲等。的確，我們習慣於這些普通的聲音，因此經常也不去注意它們。例如：有時候在我們周圍鐘錶的滴嗒聲，電車經過我們身旁的時候車廂的轟轟聲，我們都沒有聽到。我們根本就不注意這些已經熟習了的聲音。往往只有突然的沉靜才會引起我們注意到方才在耳旁掠過去的聲音。

人們有感受聲音的銳敏器官——耳朵。它能感受到各種各樣的聲音，它能由很多同時傳來的聲音中分辨出我們所需要的聲音。在日常活動中，我們是依靠聽覺來行動的，人們按照聲音，常可以分辨出各種物體，並確定它們在什麼地方。藉聽覺的幫助，可以在黑夜或霧中分辨道路。司機員根據馬達的嘈聲可以判斷它是否有故障。工人依據聲音來掌握機器。我們任何人都可以根據聲音，分辨出壺中的水是不是已經燒開。按照聲音，不僅可以認出熟人，並經常可以知道他們的心情，因為耳朵對極細微的聲音也能很銳敏地感受。同樣的，在動物的生活中，聽覺也起着很大的作用。鳥獸藉着聽覺來尋求食物和脫離危險。

聲音是怎樣產生和傳播的呢？我們的耳朵是怎樣構成的和它能聽到什麼樣的聲音呢？你能不能解釋，為什麼在刮風的時候電線和樹木會嗚嗚作響？是否聲音在順風下比在逆風下容易聽見？

這些，或其它問題，讀者都可以在這本書中找到解答。

(I) 聲音的產生

一 特殊運動的形成

當你對聲音還沒有清楚的觀念的時候，是不會分辨出聲音的現象的。首先讓我們來看看，聲音是怎樣產生和怎樣傳播的吧。

如果你撥動巴拉卡(一種絃樂器——譯者註)或者吉他的絃，絃就振動起來，同時你也就聽到了聲音；如果你把手指按在絃上，你就會感覺到絃的振動。你如果把絃捏住，絃的振動就會停止，它的聲音也就隨之而消失。同樣的，當你按住小鈴的時候，它也就不響了。所以，只有振動的物體才能產生聲音。

但是，什麼是振動呢？

看一看，掛鐘的擺是怎樣運動的吧。它總是不斷地左右擺動的(圖1)。例如當它擺到右邊的時候，稍停一下後即擺向左邊。在它還未擺到

中間的時候，它的速度是漸增的，以後它的擺動漸慢，擺到左邊時又稍停一下，接着它又重新擺動起來，但是在這時候已經是擺向右方了。

鐘擺的半個擺動或者是它由中間到一邊的距離稱為振幅。

除了鐘擺以外，任何被懸起的重物都可以產生這樣的運動。我們在自然界中常常見到這樣的運動。這樣的運動叫作擺動。

如果鐘擺不受空氣的阻力及懸掛點的摩擦力的影響，那麼祇要你推動它一下，它就可以永遠不停地擺動下去。但是在自然界中這種事情

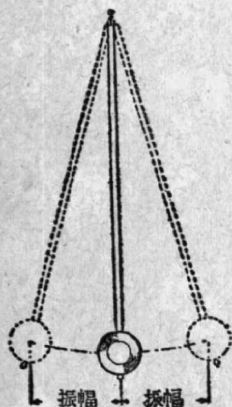


圖1 鐘擺。

是不可能的。摩擦力可以使鐘擺的運動速度逐漸減慢，從一邊到另一邊的距離逐漸地縮短，這樣鐘擺的運動遲早是會停止的。

現在再作另一個試驗。把鋼尺的一端夾在鐵鉗上，把另一端拉向一邊，然後再放開，鋼尺就振動起來（圖2），並且發出嗡嗡聲。為什麼鐘擺的振動無聲，而鋼尺的振動則發出嗡嗡的聲音來呢？這是因為這兩種振動有着根本的區別，也就是同在一秒鐘內，鋼尺的振動數遠較鐘擺的振動數為多。在一秒鐘內的振動數目叫作頻率，因此，鋼尺的頻率比鐘擺的頻率要大得多。我們所以能夠聽到鋼尺振動的聲音，就是因為它有較大的頻率。繫蒙在鼓上的皮，因為被鼓槌輕擊而振動並且發出聲音。電話聽筒內的小圓膜也同樣能振動並且發出聲音，所不同的是由電磁鐵代替了鼓槌。在磁化的時候，電磁鐵把膜片吸向自己的方向，但是當電流剛一離開線圈的時候，膜片馬上又回復到原處。所有這些動作是相當快的，膜片的頻率和在電話中講話的人的聲音是相符合的。像這種由於固體的振動而發聲的例子是很多的。

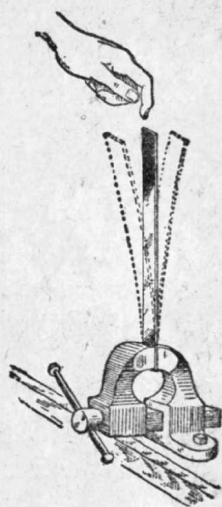


圖2 夾在鉗子上的鋼尺，
由振動而發聲。

液體和氣體是不是也能發聲呢？

能够，但是必須使它們振動。汽笛、警笛、笛子和管樂的聲音正是蒸汽或氣體振動的結果。你所聽到的雨點落在水上的沙沙聲，沿着溝渠的水流聲或是波浪聲，這些都是由於液體的振動而發出的聲音。

這樣的問題顯然可能被提出：人們講話或唱歌的時候，是什麼在振

動呢？人聲的產生是藉助於兩條有彈性的肌膜——聲帶。它們位於氣管的上部——咽喉（圖3）。



圖3 發音機構構造圖。

當我們呼吸的時候，聲帶展開，形成一個三角形的孔，空氣就輕輕地通過去，進到肺部中，或者從肺部裏放出來。但是當我們要發任何聲音的時候，特殊的筋肉把彈性的聲帶併攏，氣管孔就變狹了。這時候空氣通過比較困難，所以呼吸的時候膜就振動起來，同時也就發出了聲音。至於我們言語中的各種不同的聲音，却是在以後由咽喉通過口腔與鼻腔的路程中才形成的。

二 聲音的高度

由此可以知道，聲音是由於物體的振動而產生的。但是，並非我們所看到的一切振動都能發出聲音。物體所發的聲音，只有在它們每分鐘的振動不低於十六次，或高於兩萬次的條件下，我們的耳朵才能聽得到。但這並不是說，物體在每分鐘內振動十次或三萬次就沒有聲音發出。緩慢搖動的鐘擺，也正如每分鐘振動數十萬次的物體一樣能夠發出聲音，只是這些聲音我們不能聽到罷了。頻率低於十六次的聲音，叫作“超長波”。頻率超過兩萬次的，叫作“超短波”。在這一本書中，我們主要地是談我們所能聽到的聲音。

所以，只有一定數量的頻率，才使聲音具有一定的性質，也就是它才能被我們的耳朵所聽到。在這種條件之下，聲音的性質是隨着頻率的量變而變化的。

具有不同頻率的聲音怎麼分別呢？我們可以進行一個簡單的試驗。

拿一把鋸和一片薄木板，慢慢地將木板順着鋸齒推動（圖4），你就可聽到木板摩擦鋸齒時所發出的各個短促的聲音。當你的動作稍快一些的時候，你就可以聽到連續而低沉的聲音；你的動作愈速，聲音也就愈高。回想一下在電鋸鋸木材的時候的那種尖銳的聲音吧。

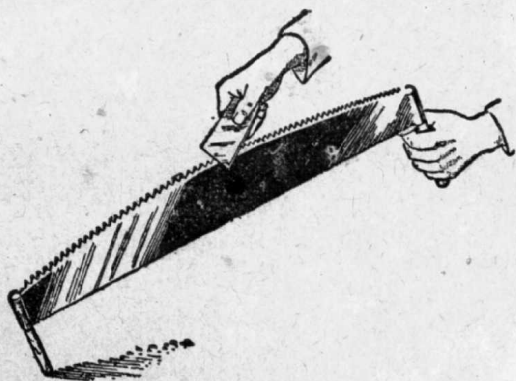


圖4 鋸和薄木板摩擦時的發音試驗。

我們還可以再作一下前面的鋼尺試驗。現在我們把鋼尺的中間部分夾在鉗子上。這時鋼尺振動的頻率增大，它所發出的聲音也比前一個試驗增高。所以鋼尺的振動的部分愈短，也就是說夾在鉗子內的部分愈長，它的頻率就愈大，它所發出的聲音也愈高。總之，這些都說明一個問題，就是頻率愈大，即物體在每秒鐘內的振動愈多，那麼它的聲音也就愈高。

值得注意的是，不管振動着的物體是什麼以及振動的原因何在，只要頻率相同，則聲音的高度也一定是相同的。

每秒鐘振動 500 次的各種物體，不管它是吉他的絃，或者是鐘，或者是鈴，所發出的聲音的高度都是一樣的。反過來說，當我們聽到具有

這樣高度的聲音的時候，我們也就可以斷定：發聲的物體，是在以每秒鐘 500 次的頻率振動着的。因此，根據聲音的高度，也可以確定物體振動的頻率。

在日常生活中，我們是經常利用這種規律的。例如：將液體倒入不透明的器皿中的時候，我們可以由聲音高度的變化而知道它是不是已經盛滿。

當汽車行駛在平坦的道路上的時候，發動機所發出的隆隆聲，具有同一的高度。假如在路上碰到上坡的時候，發動機降低轉動的次數，車的行駛速度漸慢，隆隆聲也就隨之而降低。當司機員聽到這種聲音的時候，他就能及時地撥動速度調整器。發動機的旋轉律重新增加，同時隆隆聲的高度也就恢復如前。

聲音是怎樣傳播的呢？

三 聲 波

當你向水裏投一塊石頭的時候，水面上立即出現圓形的波紋，這些波紋由投入石頭的地方起，越來越遠地擴散着。乍一看，好像水的分子也隨同波紋流去。但是如果將一塊薄木片投到水面上，就可以見到這個木片僅僅是上下搖擺，不差分毫地重複着它周圍的水分子的運動。

當波浪起來的時候，木片就漸次上昇到浪頭上，當波浪過去的時候，木片又重新回到原來的地位，它並不按照波浪運動的方向而移動，並不追隨波浪而去。

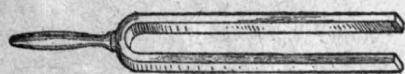
由此可見，形成波浪的水的分子並不隨着波浪而流去，它只是上下搖擺而已。

圖 5 說明水的分子，在形成波浪時的連續不斷的振動。

聲音的傳播可以與水面上波浪的傳播相比，只是要以振動的物體來代替投入水中的石頭，以空氣來代替水面。

音叉可以作為聲音的來源——音叉是由一把小鋼柄和叉枝構成的(圖6)。音叉是經常作為調節樂器用的，祇要輕輕一敲，它就會發出聲音來。

在敲打音叉後的剎那間，它就彎向一邊，假如是右邊吧，音叉枝就向右壓擠密接在它周圍的空氣分子。這時候在音叉附近某一個小空間的空氣就形成了密部。但是空氣分子並不停留在這種狀態中，它們很快地擴散着，並往右壓擠其它分子，結果密部很快地由一個氣層傳到另一個氣層。但音叉枝並不停止運動，緊接着前一個動作之後，它又彎向左邊，並由左邊壓擠空氣分子。這時候在它右邊的空氣則形成了稀部。這個稀部也像密部一樣，很快地傳到整個氣層中。



音叉枝

圖6 音 叉

次一個振動仍是重複着前一個的動作。就這樣，音叉枝的每個振動就在空氣中組成了一個密部和一個稀部。這些密部和稀部的交替就是聲波。音叉振動多少次，它就是向空氣裏送出了多少個密部——“峯”和稀部——“谷”。當這個波浪到達我們的耳朵的時候，我們就聽到了一種聲音。

但水波與聲波是有着根本上的不同的。水波的傳播以圓形擴展的，

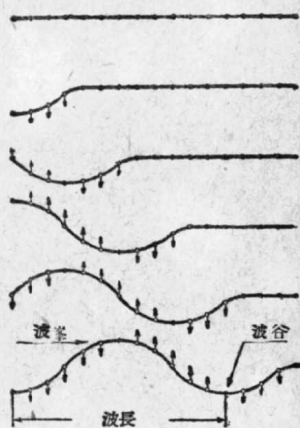


圖5 水的波浪略圖。箭頭指個別水分子的運動方向。

主要是在水的表面上，並很快的隨深度而消滅。聲波則充滿在發聲體附近的空間中。除此之外，在水波中，各個分子是以垂直波浪傳播方向上下振動的，而在聲波中，分子是順着波浪傳播的方向前後振動的。所以在水面的波浪就稱為橫波，而聲波則稱為縱波。

但不管是什麼樣的波浪，振動的物體分子是永遠不會和波浪混淆的。波浪本身只是由一個振動的分子到另一個振動的分子的傳達運動而已。

為了更進一步的理解，我們還可以用骨牌來作個試驗。把它們每一張相隔不遠地排成一行，然後把第一張牌推倒（圖7）。第一張一倒就碰

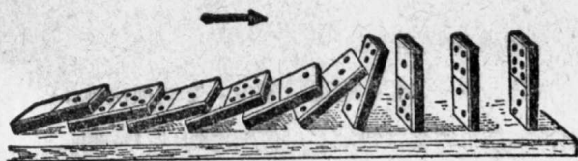


圖7 傾倒着的骨牌很像聲波的傳播。

倒第二張，第二張碰到第三張，如此推下去，一會兒所有的牌都倒下去了。但是它們之中的每一張牌仍是停留在原來的地方，而傳過這一行的只是一種“運動”。

研究聲波的運動，也可以作這樣簡單的試驗。用一根長的鋼彈簧（螺旋形的），把它用線懸在水平的橫木上。

推一下彈簧的一端，你就可以看到，運動是怎樣沿着整個彈簧，由一個螺旋傳給另一個螺旋的。現在螺旋在彈簧上的均等距離已經被破壞了：在某一個地方幾個密擠在一起，在另外一個地方就離得很遠。留心地下看一下，就可看到密部和稀部是怎樣沿着彈簧相交錯的。在這種情

況下，雖然運動很快地由彈簧的一端傳向另一端，但它的個別螺旋，只是輕輕地由一方向另一方振動，並不顯著地離開它的平均位置多遠。

正是這樣，振動着的空氣分子，並不是由講話人的嘴唇，直接飛到聽話人的耳中。在聲波中，只是組成密部與稀部的個別分子的運動在傳播着。

聲音在一段距離上的傳播，需要花費一定的能量，因為要產生聲波，必須振動空氣分子。但分子振動的範圍，在聲波中是很小的。組成聲波密部的壓力，就是在最强的聲音中，每平方厘米也不會超過0.5克的。而在弱音中，則壓力比停在人頭上的蚊子所產生的壓力還低。由此可見，產生聲波所需的能量是很小的。假如一百萬人在一個半小時內同時講話，則構成這一百萬講話聲音聲波的能量，只够煮沸一杯水！

讀者就要問了，為什麼得到聲音却必需消費很多的能量呢？請試吹一會笛子，你就會知道這件事並不容易作。鳴警笛和汽笛要用大於大氣壓力數倍的空氣或蒸汽。但不論消費多大的能量，所求得的聲音，傳播的距離還是有限的。這是因為在一切聲音的來源中，所花費掉的能量，僅有一小部分變為聲音的能。

如果警笛和汽笛全部的能量都消費在聲音的形成上，那就可以使它們在數百公里外都被聽到！大多數的樂器在演奏的時候所變成聲音的能，最多也不超過它所花費的能量的千分之一。而當人們講話或唱歌的時候，所消費的能量變為聲音的，只不過百分之一左右，其餘百分之九十九則變為別一種能，主要的是熱能。

四 聲音的導體

聲波可以通過任何不同的距離，如砲聲可以在10—15公里內聽到，火車的汽笛可以在7—10公里內聽到，馬嘶和狗吠的聲音可以在兩

三公里內聽到，耳語祇能在數公尺內聽到。這些聲音的傳播都是經過空氣的。

聲音的導體並非專靠空氣，固體也可以作為導體。

如果你把耳朵貼近軌道，就可以早一些聽到駛向這裏來的火車聲，這時候火車距離這裏還很遠，車聲藉着空氣的傳播還不能夠聽到。由此即可得出一個結論：金屬傳導聲音要比空氣快。

關於金屬具有較高的聲音傳導率，我們可以用下述的試驗證明。把金屬線的一端繫在鋼琴上，另端引到一間藉空氣傳達不能聽到琴聲的屋中，把線端繫在提琴上，這時候鋼琴的聲音就可以清楚地被聽到，好像聲音出於提琴一樣。

很早以前人們就已知道土地是聲音的良導體。有名的俄國作家卡蘭金（Карамзин），在他的著作“俄國史”中曾這樣寫道：“在庫里可夫斯基戰役前，王子基米特立·頓斯克，曾親自到戰地去偵察，他把耳朵貼近土地，就聽到了奔過來的哥薩克馬隊的馬蹄聲。”

經常會看到這樣奇怪的情形，就是火車或汽車的司機員，用木棒的一端放在發動機的各部上，而把另一端靠近耳朵，也有時候用牙咬着，這樣利用木頭的良好聲音傳導性，來聽機器內部的機件的個別運動聲，並用以斷定機器工作的好壞。

水也是聲音的良好導體。潛入水中可清楚地聽到石頭的互相衝擊聲，小石破碎時的崩裂聲，輪船的機器聲等。

水的性質很利於聲音的傳播，今天它正被廣泛的利用着，如戰時的海上聲音偵察，測量海的深度等。

上述實例都說明了，不只是空氣和各種氣體能傳播聲音，而液體及固體也能傳播聲音。

聲音的傳播只有一種障礙，用一個簡單的試驗就可以說明。把一個鬧鐘放在玻璃罩內，它的聲音可以清楚地被聽到，但是如果把空氣由罩內抽出去，聲音就聽不到了。爲什麼呢？因爲真空不能傳達聲音。這很簡單，因爲真空內沒有什麼可振動的！聲波是密部及稀部的交替，如果在這個過程中遇到了真空，它就不能不中斷了。

(II) 有組織的聲音和無組織的聲音

— 噪 音

我們都愛聽音樂、鳥鳴和悅耳的人聲。相反，馬車的喀拉聲，鋸的尖銳聲，鎚的重擊聲，都會使我們生厭，並往往因之而戰慄或疲倦。

這樣，所有傳入我們耳朵的聲音就可以分成兩類：就是樂音和噪音。它們之間有什麼區別呢？

樂音永遠有一定的高度，也就是有組織的聲波。相反的，噪音是十分不規則的，例如白天你仔細聽一下街上的噪音，你就會聽到短促的，很快就消失的高音，長而低沉的轟轟聲和尖銳的軋軋聲。噪音，是很多同時傳來的不同的聲音，它們的高度和強度變換得愈快愈劇烈，那麼這噪音也就愈使人聽來刺耳。

我們每個人都能很容易地分清大鋼琴的聲音和皮鞋的托托聲，但並非永遠能分清樂音與噪音之間的界限。在噪音中時常混有樂音；同樣的，在樂音中亦時常混有噪音。就是最巧妙的音樂演奏，也不可避免帶有噪音。假使你注意在聽鋼琴的演奏的時候，你就會聽到除樂音之外，還有琴鍵聲和手指碰它們時的聲音，及翻樂譜時的沙沙聲。同樣歌聲中也時常混有歌手的喘氣聲。但往往我們的注意力只是集中在樂音上，所以噪音就被忽略了。

這就是爲什麼想取得一定振動頻率的純樂音，而完全避免外來的噪音是很困難的。任何振動的物體並不只單發一個“原音”，而是永遠有一些伴隨着它而產生的其它頻率的聲音。這些“伴隨着的聲音”往往要比原音高，所以叫作“陪音”，即上部音。但我們用不着因這些“伴隨着的聲音”的存在而苦惱，正是因爲有它們的存在，才使我們能够分出不同樂器的聲音和不同人們的嗓音，即使它們是同一高度的。陪音給每一個音以特殊的音調，人們稱之爲音色。如果伴隨原音而發出的陪音，高度與原音相近，則其音柔如“天鵝絨”，如果陪音顯著地高於原音，我們就叫它作不悅耳的鋼音或鋼噪音。

陪音出現的原因是很複雜的，它是物體振動的自然現象，在這裏我們不必詳細敘述。

噪音對於人的健康和勞動能力是有害的。人們可以在噪音中工作，並習慣於它，但是噪音的繼續會引起疲勞，常常減低聽覺的敏銳，甚至於在個別場合能使人變聾，所以，對噪音的鬥爭是很重要的任務。

技術的發展，使人們盡力的用機器勞動來代替自己的體力勞動。由於改用機器，隨之而招來的噪音也就增多了。但是，這並不是說，愈高度的技術化，愈由機器代替了人，噪音的影響也就愈大。技術的發展史證明，隨着各個機械的改進，已經減低了或全部排除了它在工作中的噪音。隨着新機器的發明，也就開闢了新的，與噪音鬥爭的道路。實際上，蒸汽機已讓位給渦輪，隆隆響的老式火車頭已讓位給噪音小的現代的蒸汽火車頭和電力火車頭。聲音信號、汽笛和鈴等凡能代替的地方都以光亮信號代替了。發出很多噪音的發動機、機器都覆上了防音罩，並且置放在特殊的地基上。爲了減弱工作室內的噪音，在牆上及門窗上掛上毯子。爲了同樣的目的，在電話室內裝有毛氈或帶有軟木的板。