



苏联大百科全书选译

---

声 · 声 学

高等教育出版社

## 声

声——凡弹性媒质(空气、水、等等)质点的振动以波的形式传播时,这种质点运动就称为“声”;由于声波作用,在听觉器官上所引起的具体感觉也可以用“声”这一词来表示。

只有当振动频率和作用于听觉器官上的振动能量处于一定的界限之内时才能产生声的感觉,这种界限表征着听觉的频率范围和动力范围。人耳所能听到的频率范围,各人不同,而且随年龄而有差别,假如将这种差别撇开不计,则人耳能听到的频率包括在 15—20 赫至 20 千赫的范围内(赫和千赫都是频率的单位,1 赫=每秒 1 个振动,1 千赫=每秒 1000 个振动)。频率超出这些界限以外的振动是“不可闻的”,就是说,不能引起声音的感觉。从物理学上说,关于声这一概念,不但包括弹性媒质的可闻振动而且也包括不可闻的振动:频率低于 20 赫的不可闻振动称为次声振动(参阅该条),频率高于 20 千赫的振动称为超声振动(参阅该条)。人耳听觉的动力范围是非常宽广的:在人耳灵敏度最高的区域内(1—4 千赫),最强的但尚未产生痛觉的声音能量比刚刚可闻的同频率声音能量要大  $10^{12}$  倍左右(参阅“听觉”一条)。在图 1 中,可闻声的区域由两条所谓阈线所限制:图中下方的曲线确定所谓闻阈,即在不同频率时刚刚可听到的声强度,上方的曲线确定所谓痛阈,即当正常听觉过渡到使听觉器官感受到痛苦的刺激时的声强度(曲线中的虚线部分相当于不易量测得很准确的听觉区的界限)。

声的重要物理特性之一是各个相应振动过程的声谱【参阅声谱一条】,这种谱是把声音表示为多个简谐(正弦)振动的参

振动一条)的综合而得到的。随着声谱的特性之不同,声可分为两种类型:一种是具有连续谱的声,相当于非周期性的振动,振

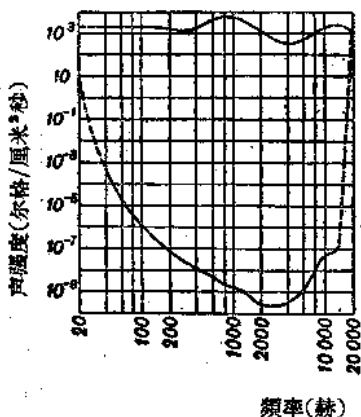


圖 1. 听觉的频率和动态范围。

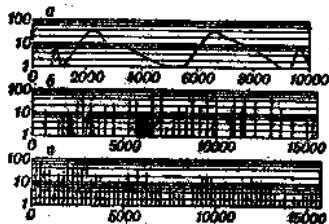


圖 2. 各种乐器的声谱 A) 木制响板 B) 三角响板 B) 风琴管。

动的能量连续分布于一个相当宽的范围。另一种是具有线状谱的声,相当于一些各自具有其独特频率的周期性振动的综合。具有连续谱的可闻声,感受为一种噪声(例如,汽门放汽时发出的声音,风吹时树的沙沙声等等)。在线状谱振动的作用之下,会得到一种多少具有一定高度(声调)的声音感觉——纯音的感觉,特别是乐音的感觉,这种乐音具有谐波式的声谱,其中各个分量振动的频率是基本振动频率(简称为基频,即最慢振动的频率)的整倍数。图 2 举出三种声谱为例: a) 木制响板所发出噪声的连续声谱; b) 三角形响板(一种金属制的敲打乐器)的线状声谱,

具有大量的非谐波成分; B) 舌簧式风琴管的声谱,基频为 258 赫;在横坐标上标出各分量的频率,在纵坐标上标出各分量的相对振幅。应该指出,当基音为同一高度时,这种乐声音色(参看音色一条)之不同,决定于其声谱的区别。

声音在能量上的特征是声强度——即在单位时间内由声波通过垂直于声波传播方向的单位面积所转移过来的能量。在弹

性媒質中能量运动的一般規律，首先是由杰出的俄国物理学家 H. A. 烏莫夫在他的博士論文“在物体中能量运动的方程式”一文中首先(1874)确定的。表征能通量的数值和方向的量称为烏莫夫矢量，其定义为能量的体积密度与能量运动速度的乘积。在声波傳播的情况下，烏莫夫矢量等于振动能量的体积密度与声速的乘积；声强度是烏莫夫矢量在時間上的平均值。可聞声的声强度是在  $10^{-9}$  至  $10^3$  尔格/厘米<sup>2</sup>秒的范围之内。

假設在不动的均匀媒質中，有小振幅的平面正弦波，在这样一个最簡單的情况下，声强度( $J$ )和声压振幅(即声压的瞬时最大值) $p$  以及媒質質点的振动速度(振速) $v$  之間的关系决定于下列公式：

$$J = \frac{1}{2} p v = \frac{1}{2} \rho c^2 \rho c = \frac{1}{2} \rho c^3 v^2$$

式中， $\rho$  是媒質的密度， $c$  是声速。当媒質質点的振速幅度为已知时，声压的振幅可由  $\rho c v = \frac{p}{v}$  一量求得，此一量称为媒質的声阻率；声阻率愈大，則具有某一定振幅的声波傳播时媒質的压缩和稀疏的程度亦愈烈。声能量体积密度在時間上的平均值决定于下式：

$$w = \frac{J}{c} = \frac{1}{2} \rho v^3 = \frac{1}{2} \frac{p^3}{\rho c^2}$$

如某一物体或某一組物体，相对于周圍媒質运动时，使媒質的平衡状态周期地或脉动地遭受破坏，則此物体称为声源。噪声声源种类之繁多实际上是說不尽的。撇开噪声源不計，我們可以举出下列几种基本型式的声源：

1) 振动系統和自振系統 在这种設備中，或者是激發着衰减式的自由振动，或者是激發着無衰减的自持振动(參閱該条)，自持振动是由本地的能源来維持的。人喉和一切的乐器都是屬於这一类型。例如，敲击或撥动琴弦(參閱弦一条)，它就会产生衰减振动，这些振动借助于任何一种輻射表面(鋼琴的琴板，七弦琴的壳身等等)而傳至周圍的空气；但当用弓弦来激發时，則弦产生自持振动，只要弓弦不停止运动，自持振动就不会

衰减。弯成叉形的音叉(參閱該条)，在敲打之后發生振动，因而發出声音。用于各种乐器(木琴、琵琶、鼓等等)的棒、膜和板(參閱各該条)以及鑼、鐘等等都是属于以敲击激發振动的系統。一切吹奏乐器中都具有空气穴，在其中产生着自持振动，这种自持振动是由吹过的空气流的能量来維持的。汽笛或空气哨笛也具有类似的裝置(空气穴)。人的發声器官是一种复杂的自持振动系統；这个系統的主要部分是肺和呼吸器官(气管、支气管)，喉头和声帶以及一些共鳴器(喉，鼻腔，口，鼻)的綜合。在某些情况下，声源是一种机电系統，其中利用电源的能量来維持自振(电鈴，用电磁鉄激動的音叉，运输上用的电訊号)。

2) 旋轉声源 在旋轉物体附近的媒質，它的压力和速度的周期性变化称为旋轉声。飞机或船的螺旋槳，电机或渦輪机的轉子都是典型的旋轉声源。有几种号笛(參閱該条)利用气流速度周期性的变化来产生声音，这些也是属于旋轉声源之类。

3) 渦旋声源 当恒流繞一剛体流过时，由于渦旋周期性的断續而产生的声音称为渦旋声。由于飞机或船具的張力而产生的嘯声，由于風吹引起的电綫發声，風吹牆角或吹入隙縫所發生的嘯声都属于这一类型。飞机或船只的螺旋槳旋轉时也会發生渦旋声。

4) 电声輻射器 属于这一类型的声源，有电声換能器(參閱該条)，它能够將声頻或超声頻的电振蕩轉变为某种輻射設備中的受迫机械振动。电声式的声源可用以重發語言和音乐(參閱电话机，揚声器二条)，亦可用以产生声音訊号；这一种声源利用压电效应(參閱該条)或磁致伸縮現象(參閱該条)的原理，在近代水声学技术上应用很广。在各种电声式的声源当中，應該特別指出的是热工發声器(參閱該条)。热工發声器本身是一条金屬綫或金屬帶，除了通以直流电之外，还附加有声頻的交流

电，結果使帶的溫度产生周期性的变化。附近空气溫度的变化产生了声压，声压的大小可以用分析的方法計算出来；由于这个緣故，在声学量度的技术中，热工發声器用作为标准声源。

**声音接收器** 在声音的作用下产生受迫振动，这种设备，就是声音接收器。人耳就是声音接收器的一个特例。在技术上，我們主要采用电声式的接收器——將彈性媒質的振动轉換为电振蕩的換能器。随着傳声媒質之不同，声音接收器可分为下列几种：**傳声器**（參閱該条）用以接收空气中的声音，**水听器**（參閱該条）运用于水中；**听地器**（參閱）用以纪录地壳中的声波。

气体和液体媒質仅具有体积彈性，因此在其中声波只能是縱波。在这样的媒質中，声速在声頻及次声頻的区域内不因頻率而变；仅在很高的超声頻区域内才發現有**声的色散現象**（參閱**色散**一条）——即声速依頻率而变的現象（多原子气体，具有复杂分子結構的液体）。至于固体則除了体积彈性之外还有**形狀彈性**，因此声音在其中既可以縱波的形式傳播，也可以橫波的形式傳播；在固体中，各种复杂形变的波傳播速度不但主要依从于物質的特性，而且也依从于物体的形狀。一般說来，在晶体中，波速还依从于傳播的方向。

当振幅甚小时，在气体中的声速由拉普拉斯公式决定：

$$c = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu} RT},$$

式中， $P$ 为未激动时气体的压力， $\rho$ 为气体的密度， $\gamma$ 是定压比热和定体比热的比值， $\mu$ 是分子量， $R$ 是**气体普适常数**（參閱該条）， $T$ 是绝对溫度。在液体中，

$$c = \frac{1}{\sqrt{K\rho}},$$

式中  $K = -\frac{1}{v} \frac{dv}{dP}$  是絕热压缩系数（ $\frac{dv}{v}$  为当压力增加了  $dP$  值时体积的相对变化）。在無限的固体媒質中，縱波速  $c_1$  和橫波速  $c_2$  分別具有下列各值：

$$c_1 = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1+\sigma}{1-\sigma-2\sigma^2}}, \quad c_2 = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\sigma)}}$$

式中  $E$  是楊氏模量,  $\sigma$  是泊松系数。在一个長度甚大于橫截面尺寸的棒中, 縱波的速度等于  $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ 。

各种媒質的声速和声阻列举于下表:

表 1. 各种气体和液体中的声速和声阻

媒 質	溫 度 °C	声 速 (以米/秒計)	声 阻 $\times 10^{-4}$ (以克/厘米 <sup>2</sup> 秒計)
气 体			
氫	0	1270	0.0011
水 蒸 汽	100	405	0.0023
甲 烷	0	482	0.0030
空气(干燥)	20	344	0.00415
空气(干燥)	0	331.5	0.00428
氧	0	317	0.0045
二 氧 化 碳	0	258	0.0050
液 体			
汽 油	20	1320	9.4
酒 精	12.5	1241	10.0
火 油	15	1330	10.7
水 (淡 水)	17	1430	14.3
水 (海 水 含鹽度 0.036)	20	1490	15.3
汞	20	1407	191.0

当大振幅(爆炸、炮声)的声波傳播时, 波的不同部分以不同的速度运动: 压缩(此处的气体温度較高)的相位比稀疏(此处气体温度較低)的相位走得快一些。在此情况下, 最大压缩之間的距离和最大稀疏之間的距离均將縮減; 大振幅的声波逐漸变为所謂冲击波(參閱該条), 即变为压力的躍变, 并以較大的速度运

表 2. 各种固体中的声速和声阻

物 質	声 速 以米/秒計			声阻 $\times 10^{-4}$ 以克/厘米 <sup>2</sup> 秒計
	$\sqrt{\frac{E}{\rho}}$	$c_1$	$c_2$	
鉛	1200	2200	700	137
鋁	5250	6400	3160	139
黃 銅	3420	4250	2000	280
鑄 鐵	3850	4500	2400	296
銅	3580	4600	2260	320
鋼	5050	6100	3500	393

动(多少要比小振幅声音的速度大)。随着在無限空間中的傳播,躍变的振幅不断减低而波速則逐漸減至正常值,这个正常值即拉普拉斯公式所規定之值。圖 3 示爆炸波的波形圖,这些圖是距爆炸物不同距离  $r$  处記錄下来的;在波形圖上清楚地看到压力尖銳的躍增,在躍增之后随之以稀疏。躍增量随着距离的增加而迅速地减少。

任何頻率的聲音傳播时,都会發生通常在一切类型的波中會發生的各种現象:反射和折射,繞射和干涉(參閱該二条)。由于波長范围异常广闊(从次声的几十米到超声区的几毫米),在声学領域內这些現象的实际情形是很不相同的(參閱波一条)。

声音在發訊和通訊上广泛的应用(運輸訊号,發送空襲警报的号笛,灯

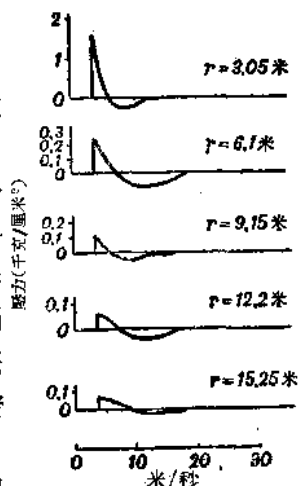


圖 3. 在离开炸藥不同距离处爆炸波的波形圖。



塔号笛，用以进行水听测位和定位的水声仪器) 决定了下列两个问题在实用上的重要性: 这就是, 关于声音传播时的衰减问题和在空气与水中接收声音讯号的射程限度问题。声讯号随距离的减弱是和许多因素有关的。首先, 在无限媒质中, 声能量沿表面分布, 而表面的大小则随着距离的平方而增加, 因此声强度与离开声源的距离的平方成反比。其次, 在声传播的过程中, 声能的某一部分消耗为热能的形式, 这一部分消耗决定于媒质的粘滞性和热传导性(所谓“经典”式的吸收); 此外, 由于声能转换为分子内部运动的能量(分子吸收), 还会有更大的能量损耗。第三, 当声音沿吸收界面(地面, 海底) 滑过时, 也可能消耗能量。最后, 声的传播射程可能因媒质的不均匀性(温度和压力的分布, 大气的湍性, 海水中的空气泡等等) 而大大不同。在实际情况下, 所有这些因素复杂相互关系使我们不可能有把握地计算出声音的实际衰减, 但是在许多情况下我们仍然可以近似地估计在接收点的讯号强度。

在无限均匀的气体或液体媒质中, 声强度依赖于距离的关系由下式给出:

$$J = \frac{J_0}{r^2} e^{-mr}$$

式中  $J_0$  是在距离  $r=1$  处的声强度。  $m$  之值确定一距离  $r_0 = \frac{1}{m}$ , 在此距离处吸收使声强度减低到  $\frac{J_0}{e}$  ( $e=2.718\cdots$ )。经典理论(斯托克斯, 1851; 基尔霍夫, 1868)

引出下列公式:

$$m = \frac{4\pi f^2}{\rho c^3} \left[ \frac{4}{3}\eta + k \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \right]$$

式中,  $f$  是声的频率,  $\eta$  是粘滞性,  $k$  是媒质的热传导性。上列公式指出, 声吸收随着频率的增高而迅速地增加。H. 涅克列巴叶夫(И. И. 列别捷夫全集) 曾于 1911 年测量了超声的吸收, 从而证明了经典理论不足以解释实验上所观测到的吸收。在气体中声分子吸收的理论是由克涅次尔发展的(1933); 液体中的声吸收在 Л. И. 曼介里士坦和 M. A. 梁托维奇的张弛理论中得到了解释(1936)。理论指出, 在超声频率时, 分子吸收比“经典”吸收要重要得多。

空气温度和風的速度随着离开地面高度之不同而有所变化，这种变化使大气成为一种不均匀的媒質因而声速是不一致的，这就引起了曲射現象，就是說，使声綫發生弯曲(“声綫”一詞在这里意味着垂直于波陣面的法綫方向)。比方說，假如温度随高度减低，則声綫向上弯曲(圖 4, a)，因而接收訊号的射程就会减少；与此相反，当温度随高度增加时(所謂温度反轉)，声綫向下弯曲(圖 4, b)因而接收訊号的射程增加，譬如說，当声音在水面之上傳播时(水面是一个有微弱吸收的界面)，就是这种情况。圖 5 闡明風对声傳播所起的作用，風速在一个方向与声速相合，而在相反的方向則应从声速中减去；声綫弯曲的不同特性可以用来解釋为什么声音順風时比逆風时听得远些。

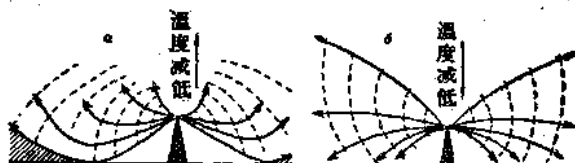


圖 4. 当空气温度随高度(a)减低时,(b)增加时,声波傳播的情况。

利用声訊号仪器的經驗証明，虽然在个别有利的情况下曾經觀測到远达 30—40 千米的收听距离，但是可靠的發訊只有在不超过 10 千米的距离内才有可能。

声訊号在水中的傳播，完全是另一种情形。首先必須注意到，水的声阻比空气的声阻几乎大 3500 倍之多；因此在水中工作的声輻射器所發出(当振幅和振动頻率為已定时)的声功率比在空气中的要大 3500 倍。因为需要应用指向性很尖銳的輻射器，

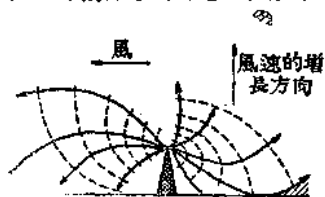


圖 5. 吹風时声波傳播的情况

所以主要采用的是超声頻率。在此情況下，波長甚小于聲源的尺寸，這也就保證了能量以微小發散束的形式來輻射。因為水的粘滯率 ( $\eta/\rho$ ) 比空氣的要小很多，所以甚至在很高的頻率時，水中超聲的吸收也比較不大，而空氣對於頻率在 100 千赫以上的超聲波則實際上是不可通過的。由於這些緣故，超聲是適用於實現水底通訊、方位測定和定位的唯一類型的訊號(利用無線電波是不可能的，因為在水中無線電波的吸收量是異常巨大的，正因為如此，現代的水聲學(參閱該條)是國防和航業技術中一個被詳細研究過的部門。

在海水中聲的超距傳播現象是由蘇聯學者(Л. М. 布列霍夫斯基赫和 Л. Л. 羅森別爾格 1946)所發現並在理論上闡明了的。在一定的條件下，最初由於溫度隨深度而降低的關係，聲速隨着深度的增加而減少，然後，通過了最小值之後，由於流体靜壓力增加的結果，聲速又重新增加。假如考慮到，聲綫總是沿着某一方向彎向聲速最小的區帶，那麼我們就會了解到，這一區帶將具有水下波(聲隧)的性質，聲隧的軸綫位於最小聲速所在的深處。水下聲隧的存在使我們可以記錄出在 5000 千米以上的距離處比較不大的爆炸，訊號通過這一距離要經過幾小時之久。隨着氣候條件之不同，聲隧的軸綫可能位於不同的深處；例如，在大西洋，聲隧軸綫位於 1250 米附近的深度。

超聲在技術上的應用並不限於水聲學的範圍。蘇聯學者 С. И. 索科洛夫曾提出採用並實際上發展了超聲金屬探傷儀(參閱該條)的技術，這種方法利用超聲脈沖射入待研究的零件，並觀測從零件內部結構不均勻性(氣孔、裂縫等等)的反射，這樣就可以發現各種機械和機構的金屬零件中各種性質的缺陷。索科洛夫在這方面的工作曾於 1951 年獲得了斯大林獎金。

不可聞聲的另一區域——次聲波，也提供很大的興趣。在

地壳中傳播的地震波就是其中一个例子；研究地震波使我們有可能作出关于地球結構的一些重要的結論(參閱地震学一条)。利用人工制造的次声振动(炸藥的爆炸)来測探有用矿产地震术具有重大的实用上的意义；这些方法可以使我們發現次声波的反射和折射現象，这些現象是由于地壳中存在有各种不同的矿石層所引起的，这些矿層的密度和縱波与橫波傳播的速度都具有另一些值，与其余的地壳層不同。

由 B. B. 叔列依金院士所發現和研究过的所謂“海啸”效应是次声波的一个特殊的例子。当离开海岸很远的地方有暴風吹动海浪时，就会产生一种頻率由 0.1 至 6(或 6 以上)赫的压力振动。这种次声的“海啸”以声速(即比風速大得多的速度)到达海岸，因而可用以預告恶劣天气的来临。正如 A. H. 克雷洛夫院士所指出，某些海中动物能对“海啸”有所反应因而能够預先逃脫，避免生命的危險。

表征声音的各种物理量，在目前几乎毫無例外地都是用电声的方法来量測。利用校准过的声音接收器，声振动毫不失真地轉換为电振蕩，此后，所要研究的声音的任何一种特性都可以利用很灵敏和很准确的电学測量仪器来作客觀的确定(參閱声学測量一条)。

## 文 献

D. 斯楚特(瑞利), 声的理論, 第1—2卷, 譯自英文, M. — Л. 出版, 1940—44;

B. A. 克拉西里尼科夫, 空气、水和固体中的声波, M. — Л. 出版, 1951;

Д. И. 布洛欣采夫, 不均匀运动媒質的声学, M. — Л. 出版, 1946;

Я. Б. 茲叶里多維奇, 冲击波理論及气体动力学引論, M. — Л. 出版, 1946;

C. H. 尔热夫金, 从近代物理的研究来看听觉和语言, 第 2 版, М. — Л. 出版, 1936;

同上著者: 苏联声学的成就, “物理科学的成就” 1948, 卷 34;

声学测量(论文集), М. — Л. 出版, 1939 (苏联科学院, 技术科学部。  
声学委员会工作报告(Б 1);

A. 戴维森, 近代声学, 译自英文, М. — Л. 出版, 1938;

F. 摩尔斯, 振动与声, 译自英文, М. — Л. 出版, 1949。

篇名: Звук

著者: (不詳)

譯者: 馮秉鈺

譯自“苏联大百科全书”, 第 16 卷 573—577 頁

## 声 学

声学(俄文为 Акустика, 起源于希臘文 *αχουω* 一詞, 原意为“听觉”)——关于声的研究——是物理学中最古老的部門之一, 这一門科学的起源是由于有必要来解释有关听觉和語言的各种現象。恩拍多克利(Эмпедокл)(公元前 492—432 年)曾經把声的傳播和感受解释为由于非常細微的物質运动的結果, 这些細微的物質由發声的物体出發而傳至人耳。亞理斯多德(公元前 384—322 年)曾認為發声物体会使空气产生压缩和稀疏, 并曾利用反射的道理来解释回声現象(参閱回声一条)。关于声的正确概念, 在紀元后的第一世紀已得到肯定。例如維特魯文·波良(Витрувий Поллион)(公元第一世紀)就曾把声的傳播和水面上振动的傳播相提并論。至于有关發声物体的振动, 則在更久以前已建立了正确的概念: 皮法果尔·薩莫斯基(Πυθαγόρας Σαμωσκήν)(公元前五世紀)曾作出关于弦振动的定律, 亞理斯多德曾把声的高度(音調)、强度和品質(音色)明显地区別开来, 并且把这三种特性之所以不同, 联系到空气运动的速度、被激动的空气量以及發声器官的構造。

在中世紀的一段期間, 由于普遍的科学中落, 作为一門科学來說, 声学的發展也曾停止不前, 直到 16 世紀才重新开始有所进展。伽利略和梅尔新(Marin Mersenne)作出了有关弦振动的准确定律。梅尔新曾求定空气中的声速, 但所求得的值太大(414 米/秒)。加孙提(Gassendi)曾証明声的速度与其音調無关。在水中的声速曾一度認為是与空气中的声速相等。可靠的水中的声速的測定是在很久以后才作出的(貝單 1825, 科喇当(J. D.

Colladon)和斯吐尔木(J. C. F. Sturm) 1827]。最初計算空气中声速,是牛頓(1687)作出的,但是他沒有預料到当壓縮时溫度会增加,因而得到的数值过小,这一种誤差曾由拉普拉斯(1816)进行校正。

在 18 世紀初叶,理論声学也开始創建起来:泰勒(Taylor)按照弦的長度,重量,拉力算出弦的振动数目。在 18 世紀初叶,彼得堡科学院院士 J. 欧勒和 D. 伯努利以及法国数学物理学家达朗伯發展了弦振动的完整理論(1740~50)并且闡明了在梅尔新时代已为人所熟知的产生泛音(參閱泛音一节)的現象。欧勒拟訂了音程制(“乐声新理論的實驗”1739)。克拉德尼(E. F. F. Chladni)在一系列的工作中詳細地研究了彈性物体(弦、棒、板、鐘、以及其他物体)的振动,从而为實驗声学开辟了新的道路(1802)。布拉恰,韋柏(Weber) (1825)和薩瓦(F. Savart, 1820~37)研究了声在液体和彈性固体中的傳播,并証明这种傳播和在空气中的傳播的規律是一样的。在 19 世紀,出現了兩部巨著:亥姆霍茲(Helmholtz)的“关于声音感受的研究”(1863,俄文譯本 1875)和瑞利(Rayleigh)的“声的理論”(1877~78)。亥姆霍茲从他所發展的声音分析法(“亥姆霍茲共鳴器”)出發,解釋了乐声和語声的物理本質,給出了人耳(作为一种听觉仪器)的物理理論,創立了关于諧和和不諧和的学說(參閱有关各条),現代的乐声学就是根据这种学說而来的。在瑞利的著作中,从統一理論的观点,系統地陈述了声学的全部內容,同时在書中也引用了瑞利本人所得到的丰富的實驗資料。到了 19 世紀的末叶,漸漸形成了这样一种見解,以为声学作为物理学的一个部門來說,已經研究得很透徹,因而物理学家們对这方面的兴趣逐漸降低。从 20 世紀的 20 年代开始,随着电子管(參閱电子管一条)的出現和放大器的应用(參閱放大器一条,放大器的应用是和电子管的出現有关

的),声学开始又轉入新的巨大發展。电子管的出現和放大器的应用开辟了新的道路,使我們有可能量測平常往往是非常微小的声学量;也使我們有可能得到新的方法来产生高达射頻的声音(每秒振動几百万次)。特別是,联系到無線电广播的問題,声学得到了巨大的發展。

在斯大林五年計劃的年代中,在苏联声学开始有巨大的發展。目前的声学是物理学中一个非常广泛的部門,而且对于工程技术和国防事業有着多种多样的应用。

现代声学可分为下列几个部門:普通声学(包括理論声学),生理声学,乐声学(参考乐声学一条),大气声学,电声学,水声学和建筑声学。

**普通声学** 从理論和实验上研究声的产生和傳播过程,以及各种声学測量的方法。在最常見的情形下,声是在彈性物体(电话机和揚声器的膜片,鐘的壳身等等)振動时發生的,彈性物体的激动或者是由于敲打,或者是由于施以周期性的力,周期性的力主要是由于电流或电压的作用。在前一种情形下,声音是短促的;在后一种情形下,只要發声的器件繼續供以交变电流的能量,声音就可以維持任意長的时间,另一种重要的發声情形是所謂“自持振動”(參閱自持振動一条)。这种情形發生在風琴管、哨笛、和一般吹奏乐器中。在人类和兽类的喉中,也發生着自持振動。自持振動系統往往是电的系統,在此情形下,供給这个系統的电振蕩轉变(例如,在电话机和揚声器中)为彈性物体的振動。在1920年以后,由于苏联学派的物理学家們在Л. И. 曼介里士坦院士和H. Д. 巴巴列克西院士指导下所作的工作(A. A. 安得罗諾夫,С. Д. 哈伊金及其他),以及其后由于苏联学者К. Ф. 鉄欧多尔奇克所作的研究,对于这种自持振動系統的过程已得到正确而詳尽的了解。



**振动：**發声物体上任何一点的振动有下列两个特征：第一是**振幅**，即該点的摆动量——該点在振动时离开其平衡位置的最大偏移量(測量的結果証明，声音的感受越强，發声物体的振幅就越大)。第二是**每秒钟振动的次数**，(該点从某一位置——例如平衡位置——向某一方向运动然后向相反的方向运动而回至原来位置，此运动称为一个全振动)。一个全振动所經過的时间称为振动的**周期**。用  $N$  代表每秒钟内所作全振动的次数，用  $T$  代表周期，則得  $NT = 1$  秒。每秒钟内的振动次数越多，則我們听到的声音的音調显得越高。

發声物体所作的振动次数可能是大不相同的——从每秒振动几次到好几百万次。我們把这些振动分为三类：**次声振动**，从每秒 0 至(16~20)个振动，这是人耳所听不到的。从每秒(16~20)至(16千~20千)个振动是可聞的声。高于这些频率的振动是人耳听不到的，称为**超声**(參閱**超声**一条)。此外，發声物体的振动还有一个特征。这就是**振动的波形**。所謂波形应了解为在一周期的时间内振动点的位置和速度的变化特性。最簡單的振动波形是**正弦波**。在此情形下，某一点对其平衡位置的偏移随時間而变化的情况以下列公式来表述：

$$u = a \sin \frac{2\pi t}{T}$$

式中， $u$  是偏移， $a$  是振幅， $t$  是時間。我們所要确定的  $u$  值就是在時間  $t$  时的值。按照这样的規律作振动的物体，所發出的声称为**簡声**或**純音**(參閱**純音**一条)，一切其他的声都是复杂的声。“**振动波形**”这一名称是由描述振动特性所用的方法而得来的：我們在一条直綫上从某一固定点划出一些綫段，綫段的長度与時間成正比，求出相应于这些時間的偏移，將偏移之值作为垂直綫的長度画在上述各个綫段的端点上；結果形成一系列的点，用