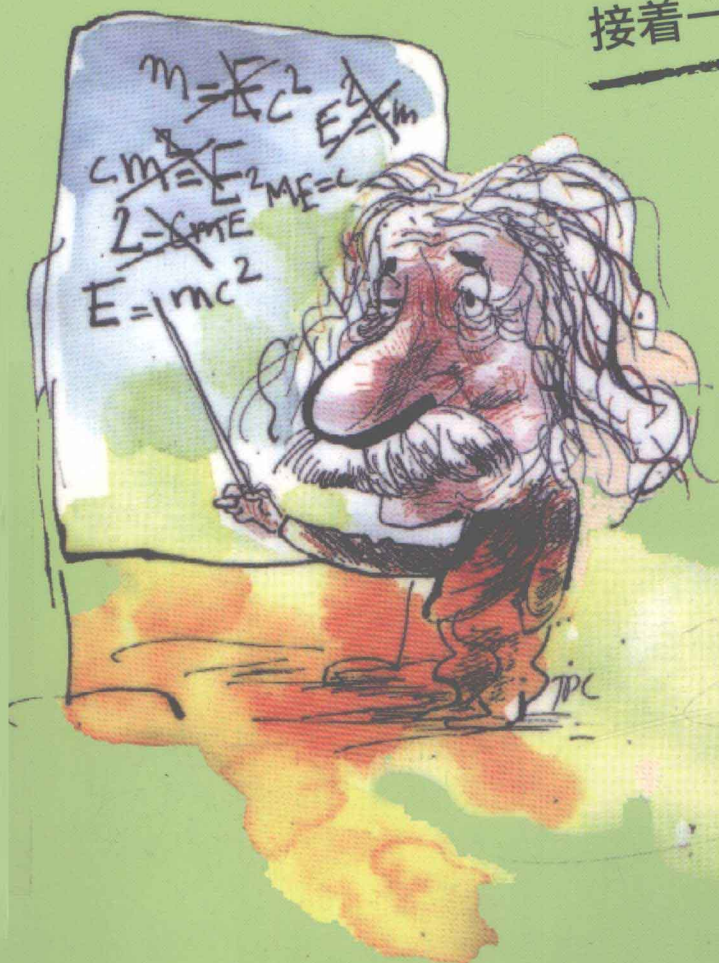


# 物理的18个关键词

[法] 阿兹尔·卡拉巴利 亨利·戈德富兰 等著 王大智 译

接着一切便简单了！



04-49/55

2010

探究知识丛书 ·

# 物理的 18 个 KEY WORD 关键词

[法] 阿兹尔·卡拉巴利  
亨利·戈德富兰 等著  
王大智 译

上海科学技术文献出版社

# 目 录

---



- 4 温度
- 10 声音
- 18 电
- 24 万有引力
- 32 狭义相对论
- 38 放射性
- 44 化学元素的生成
- 51 水
- 57 火
- 62 化学键
- 68 夸克



74 真空

80 玻璃

86 粒状物质

90 液晶

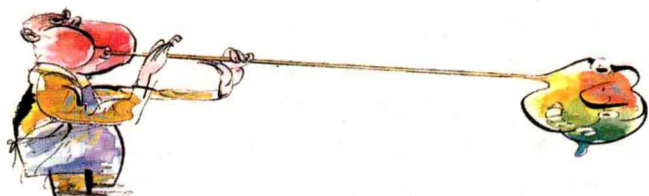
96 泡沫

102 黏合剂

108 激光

114 小实验

123 知识问答



# 温度



生活中，温度指导我们穿衣戴帽。温度是物体内部粒子运动热能的显示。温度是连接宏观物体和物质微观属性的纽带。

## ● 什么是温度？

词语一旦被漫天使用就会发生变形，失去意义。“温度”这个词就是如此，它被广泛使用之际，正是其本质被掏空、与外界作用发生混淆之时。温度常被与热度甚至能量混为一谈，更有甚者还把温度与脾气性格搅在一起。

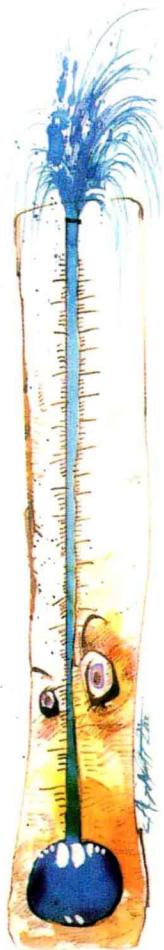
对物理学家来说，温度是描写一个介质的常用度量标准。温度到底测量什么？温度测量物质内部粒子运动的平均热能，即对单质的原子运动热能以及化合物的分子运动热能的测量。物理学家根据温度能对构成物体的粒子状态做出判断，同时也能对在微观层面保证物质聚合的作用力做出分析。总之，通过对物体温度的测量，可以对物体内部的原子做出探查。无需破坏物体的外表，也不需求助显微镜……这是在物质内部实施迂回策略的艺术和手段。

当代的物理学家对此已经驾轻就熟。然而，这是人类经过两个世纪的不懈思考才做到的。把温度定义为测量粒子运动平均热能的度量单位，这对一个世纪前的老实人来说会是一种观念的冲击。什么粒子？什么运动热能？他们会说，“温度就是对热交换意义的确定”。其实，在

19 世纪上半叶，头脑最灵活的物理学家们始终被一个问题所困扰：如何改进热机？换句话说，如何让一堆煤给人带来最大的收益？1824 年，法国工程师萨迪·卡诺（Sadi Carnot）在其著作中提出理想热机理论。按照卡诺原理，热在高温热源和低温冷源之间循环。大约 20 年后，詹姆斯·普雷斯科特·焦耳（James Prescott Joule）提出了能量守恒原理。焦耳是啤酒酿造商的儿子，他掌握了高超的啤酒酿造技术。但是，对温度概念和温度性质的深刻揭示还离不开日后威廉·汤姆森（William Thomson）（后被册封为开尔文勋爵）的热力学研究。

## ● 能否谈论一个孤立原子的温度？

不能。在人类发现原子之前，奥地利人路德维希·玻尔兹曼（Ludwing Boltzmann）提出“物质的微观属性决定物体的性质”假说。这一假说是联系无限小和宏观事物的纽带，是现代热力学建立的基础。然而，一个孤立原子的温度却没有什么意思，这就是悖论所在。因为尽管粒子运动决定物体的温度，但是这温度只适用于对整体而非个体的测量，要知道，物理学家





从来都对孤立的个体不感兴趣，他们更关心原子与原子之间的运动。由于

科学家精确地测量出了 12 克碳中碳原子的数量为  $6.026 \times 10^{23}$  (阿伏伽德罗常数)，人们意识到有必要确定一个常量来测量物质的量。然而，在玻尔兹曼生活的时代，人们开始用统计学和平均主义黄金法则来研究个体和社会之间的关系。玻尔兹曼认为这一方法同样适用于研究由原子构成的物质。因此，当加热一个物体时，它的构成成分都有均等的受热概率，只是角色的分布不断地受玻尔兹曼分布律控制。这就是为什么温度是一个统计量值，只能表示平均热能。

一个孤立原子的温度没有意义，只有当它与集体发生关系时才有意义。

### ● 相同温度的物体物理性质相同吗？

不一定。下面我们举例说明：取

两个罐子，一个是铁罐，一个是陶土罐，两个罐子的温度都为  $50^{\circ}\text{C}$ 。把两个罐子放进室温为  $20^{\circ}\text{C}$  的房间里。两个罐子都开始降

温，它们释放热量，直至温度几乎降低到  $20^{\circ}\text{C}$ 。我们说“几乎”，是因为两个罐子在降温的过程中实际上都在使室温升高，只是由于罐子的质量很小，释放的热量很难让人觉察到。然而，两个罐子将自身温度降低到  $20^{\circ}\text{C}$  所释放的热量是不同的。这要取决于它们的“产热量”，罐子的材质不同，产热量不同。为达到同一温度，两个罐子释放的热量有多有少。

在热量释放的过程中，罐子的内部发生了什么变化？

一个罐子内部原子运动得很慢，一个罐子内部原子运动得很快。为什么？这与构成上述材料的原子的自由度有关。原子朝各个方向运动（变换、振荡、旋转）的能力越强，原子的产热量就越大。结论是：罐子每降温  $1^{\circ}\text{C}$  要释放很多热量。铁和陶土的产热量不同。

一刻钟后，铁罐的温度降了下来，而陶土罐还很热。这也是因为铁与陶土不同：铁导热快，而陶土导热慢。铁原子排列得更加有序，逐级传递着热量。两个罐子降温速度的快慢与材料的导热性有关。

第一个参数“产热量”瞬间即发生作用，第二个参数“导热性”则随着时间的推移呈现其作用。当我们知道了固体的导热性和产热量与温度有关时，

问题又变得复杂起来。

## ● 如何测量温度？

当然用温度计了！只是温度计的形状和温标不同……一般说来，温度计上可以显示两种温标，每一种温标都以它们的发明者命名。1742年，摄氏修斯（Celsius）发明了摄氏温标，这是一种百分度温标，也就是说，在两个固定点之间一百等分（在标准大气压下， $0^{\circ}\text{C}$ 是冰点， $100^{\circ}\text{C}$ 是沸点）。从热动力学视角对温度进行划分始于1852年，由汤姆森完成的。汤姆森是苏格兰人，他对卡诺热机进行了大量实验性研究。卡诺曾提出，一部热机产生的机械功的大小只取决于热源与冷源的温度差，热机产生的功和其吸取的热量之间的关系决定了机器的效率。汤姆森开始冥思苦想试图确定能够带来最大效率的温度。通过推算，他发现，当冷源温度为 $-273.15^{\circ}\text{C}$ 时，可以获得理想的效率。这样，可能的最低温度即绝对零度概念诞生了。绝对零度（水的冰点为 $273.16$ 开尔文）大大方便了热力学概念的阐释，它避开了负温度和分母为零的情况，对数学家来说分母为零是可怕的事情。不过，绝对零度的意义是在不久以后才被人们发现的。

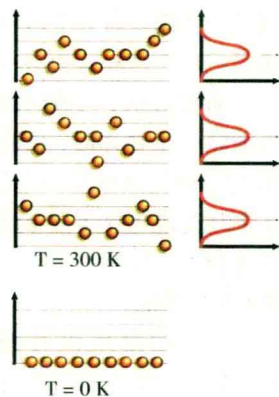
至于温度计，总的说来，原理都是一样的。温度计用于对任何物体的测量，无论是固体、液体还是气体。过去的水银温度计里的物质是液体，随着温度的升高，水银有恒定而显著的膨胀率。不过，要想达

到一定的温度，需要知道使用的水银的量……

## ● 原子在什么温度下不再运动？

这个温度是不存在的。人们曾尽最大努力将温度降到最低，但是原子依然在振动、旋转、变换。不过通过人们的努力，把原子变温和倒是可以实现的：在绝对零度，即 $-273.15^{\circ}\text{C}$ 时，原子的运动状态是相同的，是基本的状态。为了更好地解释这一现象，我们可以以一个巡逻队为例，每个士兵代表一个原子。温度升高时，原子的平均热运动或者说温度可以比作巡逻队里士兵的血液酒精度。这里

图1 无序



绝对零度时，所有原子都处于最低能量状态中。温度升高时原子就会摆脱这种基本状态。在某一温度下，原子的平均热运动也可能使原子产生不同的排列方式（图中显示的就是同一温度下原子的三种不同排列方式）。

我们提醒大家，醉酒士兵是不能巡逻的。

除了拖拖拉拉的士兵，还有因习惯不同而东倒西歪站立的。指挥官经常来回巡视，这常常把排列混乱的士兵吓得够呛：两个在右边、一个在左边，五个在队伍里，或者三个在左边，两个在右边，三个站在队伍里……士兵醉酒程度越严重，指挥官看到的排列方式就越多。指挥官来回巡视就是为了让士兵不那么混乱。同理，温度越高，原子就会越活跃，原子的排列方式就可能越多。排列方式的数量变化表明，单一系统限制了排列方式的数量。不过，显然，这种无序与温度直接相关（如图1）。

对物理学家来说，一个系统内的多种可能状态其实是一个非常重要的概念，这就是熵。不过，在绝对零度下，熵没有意义，也就谈不上无序。以前开尔文勋爵定义的热机的最大效率是一个非常深刻的概念。现在我们再回过头来看看原子和士兵的情况如何？寒冷让人醒酒。原子被限制在最低能级上，对于所有的原子来说状态都是一样的。结论：所有原子的状态相同，巡逻队里的士兵都酒醒了，正以正常的步伐巡逻。

此时，指挥官回不回来巡视都没有意义，因为士兵在正常巡逻，这是无序的零度，不过士兵并没有被冻住。当温度为 $-273.15^{\circ}\text{C}$ 时，在由原子构成的单一系统内熵没有意义。于是我们体会到了开尔文定义的绝对零度概念的深刻内涵。

## ● 可能的温度范围是多少？

温度为300开尔文能让地球上的河水连续流动。这是地球上生命出现的先决条件。

宇宙中还有什么地方存在如此温和的温度？如今，没人能够做出回答，但是，科学家认为在宇宙中存在极端温度，即将被密度最大的天体——黑洞或者中子星吞噬的气体的温度可达100万多摄氏度。当气体处于极度高温时，气体中的原子因极其强烈的碰撞而破碎，电子被释放出来，气体转变为等离子体。然而，等离子体却是宇宙中十分常见的状态，它释放高能射线，如X射线和伽马射线，人类用天文观测卫星能够捕捉到这些高能射线。

黑洞的温度与理论家日常谈论的温度不具有可比性。宇宙学家试图借助方程来解释宇宙大爆炸的瞬间宇宙的温度。按照他们的计算，在宇宙大



爆炸后的 10 亿分之一秒，宇宙的温度为  $10^{13}$  开尔文，这对形成最初的稳定的粒子是必不可少的，如质子、中子是构成未来的原子核的主要成分。

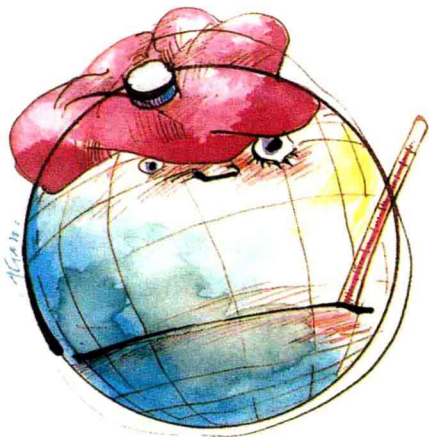
至于极低温度，则要到科学实验室而不是在自然中寻找。某些固体可以被冷冻到几百万分之一开尔文，而冷原子的温度可接近几十亿分之一开尔文。冷原子好似悬浮在真空中。若要使冷原子保持其状态，需要将相同密度的多束激光射向冷原子。

这样做是为了实现对原子的操控，就像人类对待李子一般，把它们一个个挪动，然后计数。为什么要这样做？是为了检验量子物理学的定律，从长远看，也可以制作激光束，光子将被原子取代。

### ● 适合生命体存在的温度范围是多少？

高温时，物质的每个原子都将失去一个电子，这样物质就被电离了。然而，此处也涉及化学相互作用原理。高温使化学反应的速度加快，氧化作用、蒸煮作用、腐败作用等等都会随着温度升高而加速。这里我们不能不提的是囊括了多种作用的生命现象。生命体的新陈代谢只能在一定的温度范围内发生。

如果说人体的  $37^{\circ}\text{C}$  是保证化学反应速度的最佳阈值，这主要是因为这个温度下水可以以液态形式存在，可以将人体必需的物质输送和分配到不同的身体器官。没有液态水，生命能否存在？地球外生物学家会



异口同声地告诉你，“不能”。不过在极端温度条件下，人类发现了生命体的存在。人类在深海的热源附近，在温度超过  $100^{\circ}\text{C}$  的水中，发现了繁殖迅速的微生物群。生命存在的高温纪录超过  $100^{\circ}\text{C}$ 。嗜冷生物是单细胞生物，有的甚至可以在  $-12^{\circ}\text{C}$  的温度下存活。这些生物并不是不需要水，而是因为它们能够在低于冷冻温度的条件下将水以液态形式保存下来。秘密何在？正如同冬天里遭遇寒冷侵袭的汽车驾驶员一样，嗜冷细胞会产生以糖和酒精为主要成分的防冻分子。

防冻剂也因此成为某些人的神物，他们幻想把自己低温保存起来，有朝一日，在一个更加美妙的世界醒来：死后身体里维持生命存在的液体被甘油取代，这样就能保存遗骸，等到有一天，随着科学的进步他们能够复苏。在美国，就有人采取上述手段成功地将自己低温保存。

低温生物学家已经成功地完成了对细胞的冷冻。血库和精子库就采用上述冷冻方法。不过，未来几十年，低温生物学家目标是冷冻器官，建立

器官冷冻库。将肾脏、肝脏或者肺摘取后，冷冻保存起来，在需要时用于器官移植。器官冷冻的难点在于，如何将器官迅速冷冻，使其玻璃化（因为这一技术也被应用于玻璃制造业），这样就可以阻止冰晶的形成。其实，在冷冻过程中，随着水的体积的增大，细胞膜会发生破裂。此外，冰在形成的过程中还会放弃矿物盐。理想的防冻剂还有待不断改进。

### ● 为什么试图接近最低温度？

为了揭示物质的本质。温度使原子发生热运动；温度将物质的某些基本现象隐藏起来。揭示这些基本现象

将会使物理学的某些研究得到更好的诠释。

例如，超导电性就属于这一范畴。超导电性是电流通过时电阻为零的特性。在某一临界温度下，材料的电阻几乎为零，此时这一材料就变成了超

导体。只是将某些材料降温到临界温度获得的能量远高于冷冻的成本。因此，如今对超导体的应用仅限于磁场非常微弱的测量工具、核磁共振成像仪以及大型粒子加速器。

超导体的另外一个特性就是物体的超导性能够在液态氮-4中呈现出来。把液态氮-4放在一个容器内，它会爬到容器的内壁，同时弯曲而下。其实，在某一临界温度下，氮-4会失去其全部黏度，它会转变成超流体，不会附着在任何内壁上。低温下这两个奇怪现象仍然有待于人类在未来的研究中对它做出合理的解释。



# 声音

有时我们把听到的声音称为噪音，有时则称为音乐。对于物理学家、化学家、医生来说，声音的含义是不同的。通过对声音的研究，人类试图揭示声音属性。



## ● 谁发明了音阶？

早在公元前6世纪以前，中国、印度、埃及的音乐家已经提出了各自的音律划分方法。但是真正将音乐艺术与声音的物理学研究结合起来创立音律划分体系的则是希腊人。毕达哥拉斯是第一个用数学语言描述了音乐中和谐音程之间的数学关系的数学家。毕达哥拉斯认为，如果两根绷得一样紧的弦的长度之比是2:1，同时弹奏时，就会发出相差八度的谐音。人耳听到这两个音时，常有将两个音当成同一个音的倾向。如今，我们把这种音程关系称之为“八度”。

毕达哥拉斯还进一步用简单的数字关系对其他音程进行了划分。如，弦长之比是2:3, 3:4, 4:5时，音程分别相差五度、四度和三度。亚里士多德的弟子亚利斯(Aristoxène)沿用这一音程划分法，建立了古希腊完整的音律划分体系。

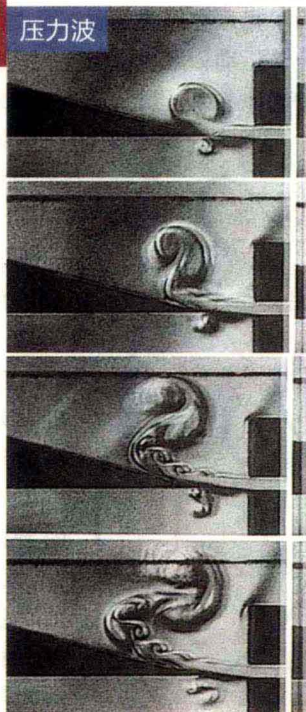
面对各种可能的音程，亚利斯(Aristoxène)只保留了其中的七个，这样就划出了音阶的七个音，称为“多利安谐音”。这一划分方法与16世纪查理诺提出的自然音阶划分法有着惊人的相似。无疑，这种划分具有一定的科学依据，但是查理诺并没有

对音高和音频之间的关系展开研究。

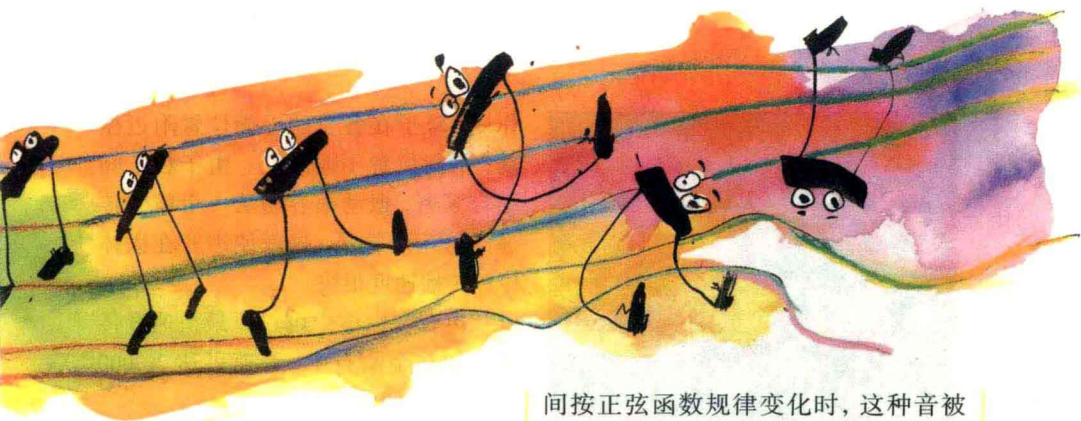
## ● 何谓“声音”？

1638年，伽利略在《关于力学和局部运动两门新科学的谈话和数学证

图1 压力波



在笛子的一个簧片的拐角处形成的空气涡旋带来周期性的压力变化。以上图片反应的是相距0.5毫秒的时间内发生的声波变化。可以用这些图片来构建用于模仿乐器的声音物理模型。



明》一书中对声音概念进行了诠释。人类对声音概念科学解读的滞后并没有妨碍古代音乐家的乐器演奏活动！需要指出的是，声音是通过物体振动产生的声波。在一个能够发出声音的管道里（如笛子或者风琴管），声音在空气中以压力波的形式移动（如图1）。若没有空气，我们不会听到任何东西发出的声音，因为声音只有通过某一介质的传播才能产生。1660年，气泵的发明者科学家罗伯特·波义耳证明了上述理论。罗伯特·波义耳把一个铃铛内的空气抽空。随着空气渐渐被抽空，铃铛发出的声音也随之消失（其实，气泵在铃铛内留下了足够的空气分子，足以传播铃声，但是由于这残余气体的密度太小，声音无法将震荡传递给铃铛）。

这一理论同样适用于除空气以外的其他介质，如固体、液体和气体等。当泉水流动、弹奏钢琴、人说话时，随着空气中粒子的振动，就会产生声音。自然界中有各种各样的声音，有周期性声音和非周期性声音之分。周期性声音的波型都具有一定的重复性，当声音的频率单一而且声压随时

间按正弦函数规律变化时，这种音被称为“纯音”。不过，自然界中纯音非常罕见，更多的则是由许多频率、强度和相位不同的声音无规律地组合在一起的非周期性声音。日常生活中的噪音就是一个典型的例子。

### ● 管乐器和弦乐器的不同在哪里？

乐器的制作其实就是利用各种不同的手段让乐器发出方式各异的震颤。不管是长号还是带簧片的竖笛的演奏，都要求吹奏者在管乐器的吹口处将来自肺部的恒定的空气压力转变为振动的压力。这种压力使乐器管内的空气柱发生振动，然后就会传出乐声。无论是用琴弓拉奏、手指弹奏，还是琴锤击奏的弦乐器，都是依靠机械力量使紧张的弦线振动发音。由于声音产生的方式不同，鼓声、小提琴声以及水滴滴落的声音也就各不相同。

### ● 音速

声音的传播速度远低于光的传播速度。音乐会上，当我们远离乐池时，我们首先会看到铙钹的聚拢，然后才能听到铙钹发出的声音。1738年，在法国科学家卡西尼的指导下，法兰西

图2 在金刚石中音速的传播



(皇家)科学院利用炮声实现了对音速的精确测定。

从此以后,这种测量音速的方法得到不断完善。在获得准确数值的无数次实验中,法国物理化学家维克多·雷尼奥(Regnault)是一个值得一提的人物。1860~1870年间,他在巴黎地下水网中安放了4 900米长的管道。在5℃时,他测出声音的速度为331米/秒,约合1 200千米/小时。

在空气中,当分子互相碰撞时,声音的压力波就会传播。当温度升高时,分子彼此撞击的速度更快,在20℃时,音速可达343米/秒。与空气相比,液体的可压缩性小,声音在液体中的传播速度更快。1826年,在瑞士的莱蒙湖,水温4℃时,测量到的音速达1 435米/秒。

在固体中,由于粒子没有足够的空间运动,声音在固体中的传播速度是无法比拟的。由于粒子之间的相互

作用,粒子在各自的平衡位置附近振动,平衡位置不能改变。由于粒子间结合紧密,振动很容易从一个粒子传递给另一个粒子,这就使声音在固体中的传播速度很快。

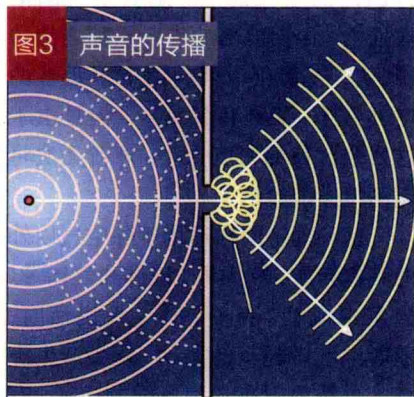
声音在固体中可以以最快速度传播。如在金刚石中,音速可达20 000米/秒(如图2)。

### ● 声音如何传播?

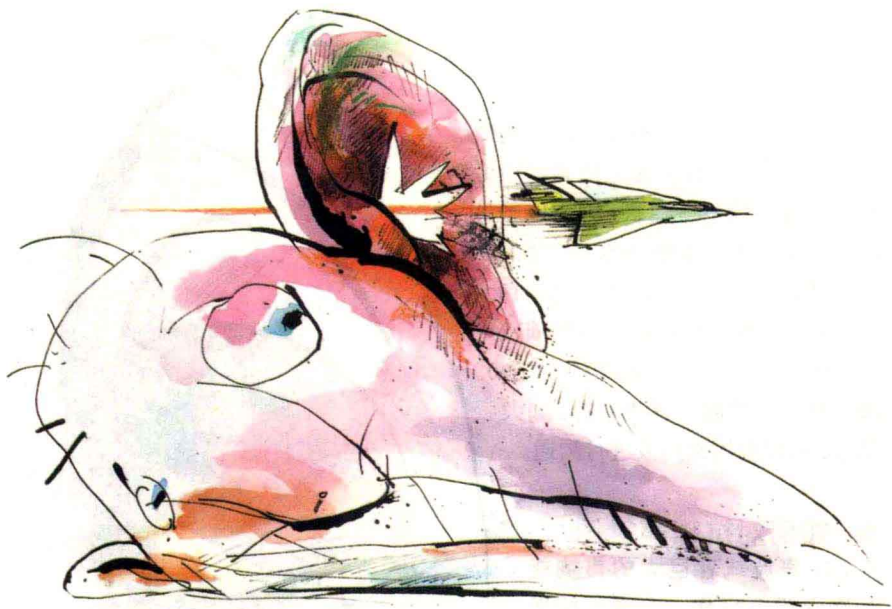
当声音在传播过程中遇到有洞孔的墙时:如果孔的宽度大于声波波长,声波将从孔穿过向前传播;如果洞孔的宽度小于声波波长,则洞孔好似一个新的声源向外发射声波。光波的传播也是如此(如图3)。

1678年,克里斯蒂安·惠更斯描述了光波的衍射特性。他设想光波能够分解成一系列的次波,这些次波汇集起来组成压力波。这样就可以解释光波如何通过衍射使障碍物发生变形。

图3 声音的传播



当声音在传播过程中遇到有洞孔的墙时,洞孔好似一个新的声源向外发射声波。洞孔的前端形成一个圆锥形声波。圆锥的宽度与声音的频率和洞孔的大小有关。



光波在空间传播是振动的传播。振动的频率越高，次波就越多，光波传播得就越远。但是，如果声源本身移动，波的振动频率就会发生变化。赛车离我们越近，赛车发出的声音就越刺耳；赛车离我们越远，它发出的声音就越低。

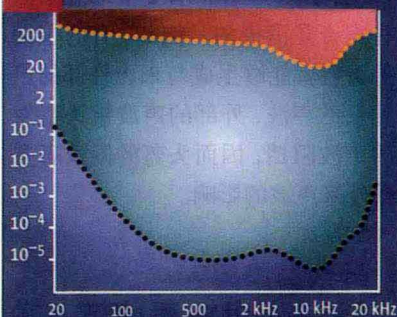
尽管如今这个问题已经得到普遍的认识，可是这一现象直到 1842 年才由奥地利数学家多普勒描述出来。就像海浪拍打迎着浪头前进的船只发出的声音一样，当汽车渐渐驶近我们时，它发出的声音频率就越大。利用多普勒效应，也可以用声音来测量用传统方法很难测量的时间和空间距离。比方说，人体血管中血液的流动速度等。

### ● 哪些声音狗能够听得到，而人类却听不到？

一般说来，人类的耳朵只能听到频率范围在每秒 16 或者 20 ~ 20 000

次的周期性振动（如图 4）。这一周期性振动单位也可用赫兹（符号为 Hz）表示，这是根据德国物理学家赫兹的名字命名的，他揭示了光波的性质。海豚和蝙蝠发出的超声波则超过这个频率范围。低于 20 赫兹的声音属于次声波，如同痉挛时发出的声音一样，人类是听不到的。高能量的次声波也会

图4 人耳频率范围



人耳能够听到的频率范围为 20—20 000 赫兹，处于这个范围之外的频率很难被人耳觉察到。

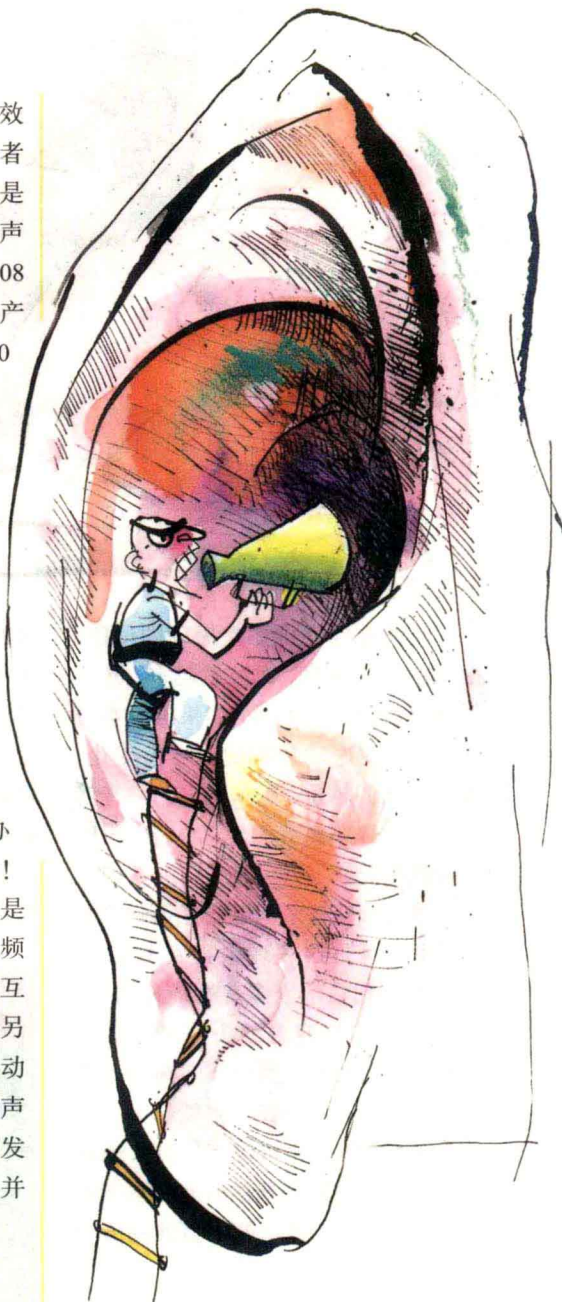
同强烈的压力变化一样产生同样的效果：恶心、呕吐和头痛是地震经历者最常表现出的不适症状，因为地震是以低频使物体发生振动的。这些次声波产生的能量可能是巨大的。1908年，坠落在西伯利亚的通古斯陨石产生的能量竟然使远在英国的 50 000 棵大树连根拔起！有些动物，如大象等，可以利用次声波进行沟通。

### ● 如何对抗噪声？

次声波或者巨大的声响能够造成听力损伤。在噪声传播过程中，噪声的能量损失很少，也很少受到物体的干扰，因此很难制止噪声。传播的距离的延长可以使噪声因空气的黏度而带来自然的递减，这一特性在玻璃纤维这类多孔的材料中增强。另一个办法则非常简单，就是清除噪音本身！通过声波来实现摧毁性的相互干扰是主动噪音消除技术的基础。当同一频率的两种声音处于对抗状态时就会互相抵消，其中一种声音是积极的，另一种声音是消极的。例如，有的主动防护头盔就能够生成与来自外部的声波相反的声波，外部的声波被头盔发出的声波阻挡，因而头盔的佩戴者并不受外来声波的影响。

### ● 什么是声障？

1947 年 10 月 14 日，查理·叶格驾驶贝尔 X-1 试验机以超过音速 1 马赫的速度突破声障。该试验产生巨大反响。许多飞行员倾其一生试



图接近这个速度。当速度接近声障时,螺旋桨似乎一下子转入真空,机翼不再起作用,飞机发生俯冲,副翼和方向舵似乎已经不起作用……最终飞机解体。上述试验的失败带来了惨痛的后果。因此,某些人认为存在着一个无法突破的物理屏障。可是,当时的工程师们却清楚地知道,这个障碍并不存在,因为炮弹是可以突破音速的。奥地利物理学马赫在19世纪80年代,已经观察到飞机发出的冲击波。如果飞机没有做好充分准备,这种物理突变就会给飞机带来重大灾难。其实,当飞机超音速飞行时,飞机发出的声波比飞机移动的速度慢,飞机尾部就会形成一个可视的圆锥形声波,称之为“马赫圆锥”。这个冲击波的出现强烈地改变了飞机周围的气流,使升力支点发生变化,在空中形成一个锥形的“拖着”的痕迹。这些效果可以解释贝尔X-1之前的试验失败的原因。

在“马赫圆锥”的外部是没有声音的,当呈圆锥状的声波穿过人的耳朵时,圆锥体的内部情况则不同,人耳能够听到圆锥与飞机临界处发出“隆隆”的声音冲击波。尽管这种噪声不会带来什么危险,但是却能够使在大西洋上空行驶的飞机不能以超音速飞行。

## ● 如何测量声强

声音如果太强,会让人感觉痛苦。如果声音形成的压力完全传入结

构脆弱的耳朵里,则会给人带来危险。如果说声音能够给人带来愉悦的感受,那是因为听觉对音量进行了选择。这时,听觉就如一个喇叭,因为它不能完全反映出传递到纤毛细胞中的能量。其实,只有两种声音之间的差异超出某一限度时,人耳才可以分辨出两种声音之间的不同。

1851年,德国生理学家恩斯特·海因里希·韦伯指出,只有声强超过某一强度时,才能真正感觉到声强的增加。最小可觉差是声强的一个常数。乔治·韦伯·费希纳认为,如果表示这一比例关系的常数等于感觉增强量,尽管它可能非常小,也可以用如下定律表达差别感觉:感觉的增加量与标准刺激强度的对数值成正比。这样,我们的听力系统就能够感觉到同样的增强感觉,感觉到声强在1:10或者100:1 000的强度比率关系。

虽然韦伯-费希纳定律不能用来检验全部听力范围,却可以运用对数值来测量声音强度:0分贝(以美国物理学家格拉汉姆·贝尔 Graham Bell 的名字命名)为听阈,几米之内正常讲话的声音大约为50分贝。

## ● 声音在医学中是如何应用的?

19世纪初,自何内·雷奈克始,人们开始借助听诊器听肺部和心脏里的声音。气道中空气的摩擦,动脉中血液的回流伴随着突然的心脏瓣膜梗阻,从这些声音的节奏中可以获悉相关器官的功能。为了诊断结核有空洞

的病变，医生也对胸廓进行叩诊，听组织传出的声音，用缩小到最简单形式的压力波——持续的低频脉冲进行干扰治疗。利用超声波的超声检查是对身体进行探查的无与伦比的方法。20世纪60年代起，超声波检查拍摄了高质量的肝脏、心脏、肾脏、甲状腺以及胎儿的图片，近年来，还可以拍摄大脑图片。频率为300万~2000万赫兹的超声波能够被很容易地导入身体组织和液基组织里。任何突变都会产生回声，根据测量声波返回探测仪的时间可以确定部分回声的位置。这跟声呐的原理是一样的：测量回声返回的时间，知道在有关介质中声音的速度，就可以推断出从探测仪到物体之间的距离。既然人体组织的60%是由水组成的，因此可将超声发射到人体待检查的部位，当正常组织或病理组织的声阻抗有一定差异时，它们组成的界面就会发生反射和散射，再将此回声信号接收，加以检波等处理后，显示器就可以重现器官的大小轮廓。

大多数情况下，超声波声源是一个通过电压现象产生的带电场的水晶或者带磁性的水晶，后者主要被用于清洗牙齿的强力超声。声音在传播过程中会在穿透物体时损耗一部分，利用超声波，可以通过膀胱内碎石术打碎肾结石或者通过高温烧掉肿瘤；将超声波集中在病变附近，而不会破坏周围的组织。

## ● 声音能够产生光吗？

尽管声音和光的性质不同，它们之间可以相互作用。物理学家利用激光和超声波之间的相互作用，在很多声光设备中使激光发生了偏移。到目前为止，声光现象还依然让人觉得非常奇异，有待进一步探索。这种在声

音作用下发出的光产生于一种液体内部。在液体中，使用声场压缩气泡，一个气泡从一个气穴根源中产生，超声波激

