

声学故事

精彩物理故事丛书

寒山寺 的钟声

于今昌 主编

精彩物理故事丛书 ◇ 声学故事

寒山寺的钟声

于今昌 主编

 中国出版社

图书在版编目(CIP)数据

寒山寺的钟声/于今昌主编.

-北京: 中国社会出版社, 2006.8

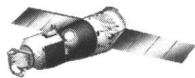
(精彩物理故事丛书)

ISBN 7-5087-1017-7

I.寒... II.于... III.声学-通俗读物

IV.0422-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 088973 号



丛 书 名 : 精彩物理故事丛书

主 编 : 于今昌

书 名 : 寒山寺的钟声

责任编辑 : 向 飞

出版发行 : 中国社会出版社

通联方法 : 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电 话 : (010) 66051698 电 传 : (010) 66051713

邮购部 : (010) 66060275

经 销 : 各地新华书店

印刷装订 : 中国电影出版社印刷厂

开 本 : 140mm×203mm 1/32

印 张 : 5.75

字 数 : 115 千字

版 次 : 2006 年 9 月第 1 版

印 次 : 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价 : 10.00 元

凡中国社会出版社图书有缺漏页、残破等质量问题,本社负责调换

主 编	于今昌	
副主编	于 洋	于 雷
撰 稿	于越姝	刘晓萍
	赵敏捷	金 宝

前 言

在刚刚步入的 21 世纪里,世界各国经济乃至综合国力竞争的关键是科技实力,竞争的焦点是高技术及其产业。可以预料,21 世纪高技术及其产业的发展将更加迅猛,并将给人类社会经济发展带来重大的影响。

今后十几年或更长的一段时间,是我国现代化建设的重要时期。在这个关键时期,不了解科学发展进程,不懂得高技术,就不能了解我们的世界和我们可能面临的未来。那么,眼下前沿科学处在一个什么样的水平? 21 世纪又将是怎么样? 人类未来的前景如何? 诸如此类人们渴望了解的问题,在科学技术日新月异的今天,就更加富有魅力,更加诱人了。

为了有所准备地迎接并顺利地走过机遇与挑战并存的 21 世纪,为了适应青少年——21 世纪的主人渴求掌握科学、了解高技术的强烈愿望,并适应素质教育的要求,我们不失时机地推出了面向中小学生的《精彩物理故事丛书》。这套丛书共分为 10 册,分别是:《力学故事——昂热桥惨案》《光电学故事——电子警犬》《核物理故事——天葬核废料》《电磁学故事——遇难者的救星》《核武器故事——“小男孩”摧毁一座城市》《声学故事——寒山寺的钟声》《天体物理故事——恒星在飞驰》《引力学故事

——向地球引力宣战》《声波学故事——征服无声世界》《航天故事——圆了千年飞天梦》。它们既囊括了力学、热学、电学、光学、声学、原子物理、天体物理的基本知识，也广泛地涉猎了物理学方面的最新知识、技术及其发展动向，还提出了一些尚未解决的物理问题，以激发青少年朋友对物理学的兴趣、爱好，有助于学习、理解、精通物理学这门课程。

这套丛书，讲述了六百多个物理故事，并且有二百多幅插图。形式新颖活泼，构思精巧，故事跌宕起伏；行文深入浅出，语言自然流畅，插图清晰精美，是青少年学习和了解最新科学知识和高技术的良师益友，是中小学图书馆、班级图书角最佳选配图书。

这套丛书共计一百多万字，作者努力做到内容翔实，知识准确精到。我们没有作深奥而抽象的理论阐述，也没有用不着边际的奇思幻想来取悦读者，而是从当前的科学技术已经取得的成就出发，推论出若干年后可能出现的各种造福于人类的美好事物和灿烂前景，着力在青少年朋友面前展现一个令人神往、富饶博大的物理知识王国；热情引导青少年朋友步入色彩斑斓、芳香四溢的物理科学百花园，使之目不暇给，流连忘返。倘若青少年朋友能够从阅读这套丛书中获取乐趣，学会物理知识的灵活运用，并能触类旁通，我们将不胜欣忭。

于今昌

2006年8月

目 录

- 
- 
- ① 古老的声学旧貌换新颜
 - ⑥ 声音及其品格脾性
 - ⑩ 耳朵听声音
 - ⑬ 声音可以称量
 - ⑯ 听自己的录音会感到陌生
 - ⑱ 奇妙的声音世界
 - ⑳ 嗓音——人的名片
 - ㉑ 声音的“指纹”
 - ㉒ 鉴别声纹
 - ㉓ 凭声音捉拿罪犯
 - ㉔ 婴儿爱听妈妈的心音
 - ㉕ 火车的汽笛声远近不一样
 - ㉖ “声学静区”误战机
 - ㉗ 深海“声道”
 - ㉘ 寒山寺的钟声
 - ㉙ 飞在声音前面
 - ㉚ 超音速飞行的旅客机
 - ㉛ 海上神秘的歌声

- 50 水下歌声
- 53 小虾引爆水雷阵
- 62 绝妙的蟋蟀声通信
- 65 鸟儿歌唱的秘密
- 68 雄象海豹鼻子发音的奥秘
- 71 奇妙的动物语言
- 73 轮胎的歌声
- 76 会唱歌的沙子里
- 79 喊泉之谜
- 82 曹绍夔为和尚除妖
- 85 从狼嚎到贝多芬听琴声
- 88 最早的听诊与叩诊
- 91 永乐大钟
- 91 回音壁·三音石·圜丘
- 99 神秘的回声长廊
- 102 有生命的声纳
- 105 蝙蝠的声纳
- 109 水下“千里眼”
- 111 水下侦察兵
- 111 利用海洋传声监测全球温度
- 116 敲击探伤
- 116 声波唤雨
- 122 开发海洋的助手





- 125 让声纳技术为人类作出更大的贡献
- 126 鲸的回声定位系统失灵了
- 130 崭露头角的声控技术
- 133 我国最早的古代乐器
- 135 世界上最早的古代铜鼓
- 140 最大的编钟
- 145 从“余音绕梁”到“响彻天宇”
- 146 最初的留声机
- 149 储存声音的工具——唱片
- 153 光学录音机和磁性录音机
- 159 电影里各种声音的还原
- 159 激光唱机
- 161 数码唱片
- 165 神秘的“黑盒子”
- 166 无簧无弦生妙音

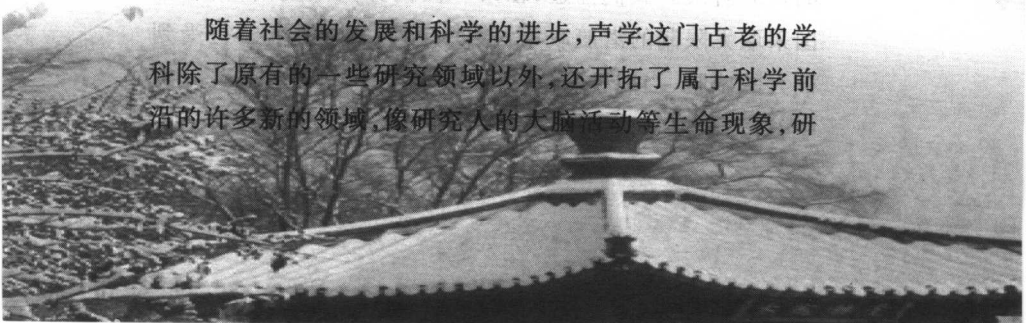


古老的声学旧貌换新颜

说起声音,人们都很熟悉。因为每天从早到晚,我们会听到说话声、汽车声、音乐声、机器的轰鸣声以及风声雨声,等等。

声学是一门很古老的学科。回顾自然科学发展的历史,就可以知道,声学是人们最早研究的学科之一。比如音乐,它比文学产生得还早。距今 3400 年以前的商代,我国就已经有系统的乐律概念,直到今天,我国的博物馆里还保存着商朝的石磬、西周的编钟和汉代的律管。那时候,人们不但研究了乐器的制造,还进行了基础研究,了解了音乐的规律。我国人民在战国以前就总结出来的三分损益法,是声学上的巨大成就。这规律说:把管(也就是笛和箫)的长度截去三分之一,或者加上三分之一,听起来要比原来的声音和谐些。这就把客观现象和主观感觉联系了起来,成为人们研究心理声学的开始。人们还根据这个规律定出了乐器上几个音的关系,这就是乐律,现在叫作自然律,两千年来一直在应用。由此我们可以看出声学的历史悠久,源远流长。

随着社会的发展和科学的进步,声学这门古老的学科除了原有的一些研究领域以外,还开拓了属于科学前沿的许多新的领域,像研究人的大脑活动等生命现象,研



究物质的微观结构,研究整个地球以及天体的声音现象等等。

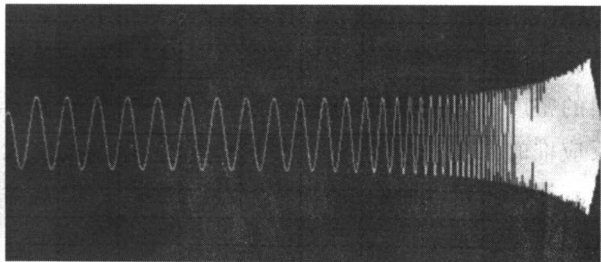
那么,什么是声学呢?声学是研究物质中机械波产生、传播和接收的科学。机械波可以是在媒质中传播的纵波、横波,也可以是在媒质交界面上传播的表面波,或其他形式如扭转波,或者几种波的复合波。这里所说的声波,其范围比我们平常所说的声音包括的范围要广,除了人的耳朵能听到的“可听声”以外,还有频率很高的超声波、特超声波和频率很低的次声波。

声学和其他学科一样,也要借助于仪器来研究。远古以来直到19世纪末,人们研究声学的最好仪器还是人的耳朵,这是因为人的耳朵非常灵敏,能听到的最弱的声音,几乎相当于空气中分子运动所产生的声音。而能听到的最强的声音,比最弱的要强10000亿倍。人的耳朵能听到的频率范围也很广,从20赫到20000赫,都能听到。但是,尽管人的耳朵巧妙无比,它的听力范围总是有限的。20世纪以来,由于电子管、晶体管的出现和发展,可以利用这些技术产生和接收任何频率、任何大小的声波。除了声频外,还可以产生和接收次声波(10^{-4} 赫~20赫)、超声波(5×10^4 赫~ 5×10^8 赫)和特超声波(5×10^8 赫~ 1×10^{12} 赫)。

现在,声学进入了对整个地球和其他天体进行研究的发展阶段。我们知道,在第一次世界大战期间,由于德国采取无限制的潜艇政策,曾使英国、美国海上航行受到极大的威胁,当时法国的进步声学家郎之万为了反潜防潜,研究水下高频率声波的反射,把声学研究的频率范围



扩展到了超声,并且创立了超声学和水声学。经过第二次世界大战,水声学有了很大的发展。在水下,光波、电磁波等都传播不远,只有声波可以传得很远。声纳就是人们利用超声波在海里“看”东西的很有效的水声设备。声纳的原理和雷达相同,只是用声波代替电磁波罢了。人们称声纳为水下“侦察员”,它可以在海水下侦察潜艇、冰山、水雷、鱼群和暗礁。利用声纳还可以测量海水的深度。例如,太平洋马利安纳岛附近的海槽是世界上海水最深的地方,深达 10860 米,水压力超过大气压的 1000 倍,而目前人类只能利用声纳的方法测量那里的情况。



人耳能感觉到的振动频率约为 20 ~ 20000 赫兹

声音不只在水下能传播很远的距离,在大气里,在地球上,都可以传播很远,但用的不是超声而是次声,即 20 赫以下的声波。例如,1883 年印度尼西亚的克拉克脱火山爆发的次声在地球周围转了几圈。次声传播的时候,能量损失很小,这是它的特点。现在,已经可以收到几千公里以外的核爆炸或者导弹起飞的次声信号,收到几百公里外的台风、海啸和其他气象变化的次声信号。近年来发现,地下的声波比地震学中研究的范围要大很多,有

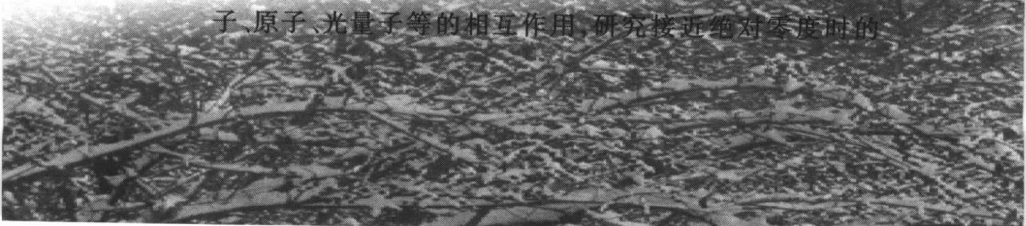


更高的频率,也有更低的频率,所以采用现代声学方法研究地震是很有前途的。例如,1961年的智利大地震引起的地球震动,最低频率是每小时振动一次。用声波分析的方法,还可以增加人们对固体地球构造的认识。地震学、地声学及大气声学的方法还可以用到月球和其他行星、卫星的研究中。

目前,声学的发展,已经深入到物质结构的研究。声波是机械波,它可以进入物质,因此可以用它研究和改变物质的几何形状和性质。超声探伤就是一个例子,材料里的任何伤痕、缺陷都可以利用它对声波的反射探测出来,从精密零件,到1~2米粗的钢轴或者几十米的混凝土桥梁,都可以应用超声探伤。此外,还可以用超声测量材料的密度、弹性、温度、流速和内耗等等。例如,测量原子反应堆的温度,油管内油的种类和流速,以及上层大气温度等等。用超声照射植物种子,可以提早发芽,这对我国无霜期短的北方,实际意义很大。

最近十几年来,人们利用声波诊断各种疾病。如,可以用超声成像技术得到心脏的轮廓图,这就有可能进行心脏形态学的研究。实验还表明,利用超声回声技术,可诊断肺栓塞和其他肺部病变。超声显示技术还可应用于诊断其他疾病,如乳腺瘤和甲状腺瘤、肾脏和膀胱病变等。

比超声波频率更高的声波,叫特超声,或微波超声。这种特超声的波长和分子的大小差不多,因此可以用来研究分子和原子的特性。用特超声还可以研究声和电子、原子、光量子等的相互作用,研究接近绝对零度时的



超导体、超液体等等。所以我们说,声学正在逐渐深入到微观世界。

现在,可听声的研究已经深入展开,并进入到对生命现象的研究。噪音公害是现代生活中的大事,影响工作和休息,危害健康,研究噪音的产生并进行有效的控制,可以改进生活和工作的环境,提高生活质量和生产水平。

综上所述,我们不难看出:古老的声学已旧貌换新颜,已大踏步地走进了现代科学技术的各个领域,为人类再立新功。



声音及其品格脾性

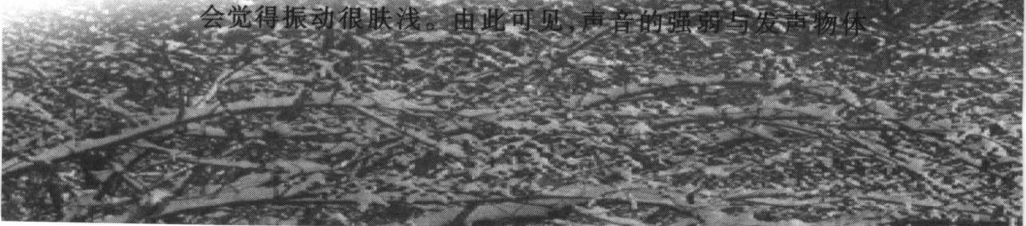
声音,大自然少不了它;声音,我们的生活也离不开它。

声音是怎样产生的呢?声音是物体振动产生的。振动是物体在一个中心位置附近的往复运动。描述振动有许多物理量,如频率、振幅等等。频率是物体单位时间内完全振动的次数,其单位是赫兹,简称为“赫”。振幅是振动物体离开中心位置的最大距离,其单位是厘米,振动的传播进程叫作波。发声物体(声源)振动,以声波的形式通过空气介质传入人的耳朵,被我们听到的就是声音。声波的频率为 $20 \sim 20000$ 赫。

声音有三大特性:音调、音强和音色。

音调是指声音振动频率的快慢。频率快则音调高,频率慢则音调低。小提琴演奏的乐曲高亢激奋,而大提琴演奏的乐曲却低沉优雅,这是由于它们的音调不同。一般来说,大的、长的、粗的和松软的物体,振动慢、音调低;小的、短的、细的和紧绷的物体,振动快、音调高。

音强是声音传播的能量大小,它是声音强弱的客观指标。用力敲鼓,声音就响亮,用手摸鼓面就会觉得振动得很厉害;反之轻轻敲鼓,声音就微弱,再用手摸鼓面就会觉得振动很肤浅。由此可见,声音的强弱与发声物体

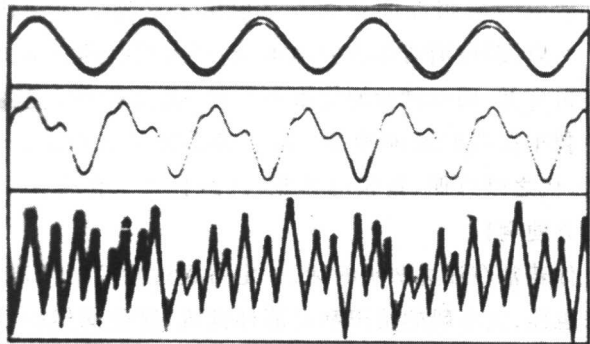


振动的大小有一定的关系。

音色,是声音的品色。胡琴的声音,笛子的声音,琵琶的声音,铜锣的声音,我们都能一一分辨。这是为什么呢?这是因为不同的乐器发出的声音都有不同的特色,声音具有不同特色的这种性质叫作音色。我们能分辨不同人的声音也是因为他们有不同的音色。

单一频率的声波叫纯音。许多不同频率的声波组成的声音叫变音。一个发声物体,比如琴弦,振动常是复杂的,其整体振动产生的声音叫作基音,其全长的 $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$ ……分段振动产生的声音叫泛音,所有泛音与基音叠加在一起就成了复音。泛音的多少不同,音质也不一样,泛音越多,听起来越悦耳动听。

一个物体发生振动,它必然会影响到另一个物体。如果后者与前者的振动频率相同或接近时,后者会同时振动起来,并使前者的振动得以加强,这种现象叫共振。声音的共振叫共鸣。



各种乐器的音色

我们都生活在声音的“海洋”之中，你可曾留心过声音的品格、脾性？

丁零零，一阵电话铃声响过，你有再要紧的事也得停下来去接电话，这声响不过仅有传出几米远的能量，为什么会有如此魅力？这倒要说起电话设计师的良苦用心了。他们将电话的铃声设计在既悦耳又刚好能引起人们烦躁这一临界点上，谁听到这声音，也不会像陶醉在轻音乐之中那样而忽略了接电话，使得自动电话交换机能为更多的人服务，提高了效率。

消防车或救护车的警报声，我们并不陌生，当听到这种声音时，尽管在车水马龙的街道上，也会闪出一条通道。自然，人们都熟知它们担负着救急使命，可警报器的声音也有一份不可忽视的功劳！大家知道，如果我们站在火车道边，一列飞驰的火车从远处鸣着汽笛疾驶而过，汽笛发出的声音并不变化，可我们感到声音的音调却是由低变高再变低，这就是人们所熟知的声学中著名的“多普勒效应”，警报器的音响正是模拟了这种效应制作成的。所以，即使消防车在原地不动，当人们听到它那由低到高再变低，周而复始的警报声响时，也会感到像是一辆辆急救车在我们面前驶过。这声音消除了人们的松懈、怠倦，代之以急促、紧张的感觉，这给救急工作带来了多大的方便啊！

你若常在江边散步的话，一定听到过轮船的汽笛声，说来也怪，大小船的笛声都是那样低沉，这是偶然的巧合吗？不，说起这汽笛声，它还真是一位保障轮船安全行驶的“无名英雄”呢！轮船在水中航行，不能像汽车那样急

