

# 次声的特点及其应用

童 娜

(海军医学研究所,上海 200433)

**摘 要:**次声是频率为 0.0001Hz~20Hz 范围内的声波,广泛存在于人类生存的环境中,在大自然的许多活动中都有次声的产生,而人类日常生活和工业生产过程中也有次声的存在。次声是一种无形、人耳听不到的声波,具有穿透能力强、衰减小等非常显著的特点。它通过共振机理对人体产生危害作用,可使人感到头晕头痛、恶心烦躁、胸闷腹泻、疲倦无力、注意力分散等等,严重时甚至能使人人的肺腔破裂导致死亡。人们根据其特点将其应用于武器、监测、工业、医疗等多方面,取得了明显的效果。但人类对次声的研究目前尚处于起步阶段,应尽最大可能去研究次声、应用次声,令其更好地造福于人类。

**关键词:**次声;共振;次声应用

**中图分类号:**TB53

**文献标识码:**A

## Features and applications of infrasound

TONG Na

(Naval Medical Research Institute, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** Infrasound is sound waves with frequencies ranging from 0.0001Hz to 20Hz. It widely exists in the environment where people live. It is created both in natural phenomena and in human activities. Infrasound is neither visible nor audible. However it has noticeable features such as powerful capability of piercing through objects with little attenuation in transmission. Infrasound does harm human body due to resonance. When exposed to infrasound, a person feels ill with various symptoms such as dizziness, headache, nausea, fidget, diarrhea, fatigue, being scatterbrained, etc. Even worse, it can cause lung rupture and lead to death. Infrasound can also be used as a weapon, or applied in industry and medical treatment. There is much to be done in the studies of infrasonic effects on human body.

**Key words:** infrasound; resonance; applications of infrasound

### 1 引 言

声和光无时无刻不在人们的周围,它们具有不同的奥秘,又有不胜枚举的妙用。人耳所能感受到的声音叫做可听声,它仅仅是自然界中存在的各种声音的很少一部分。声音是由物体振动而产生的弹性波,它的大小取决于振动的频率和幅度。人耳所能接收的频率范围为 20Hz~20kHz。凡超过 20kHz 的声音信号叫超声波,而低于 20Hz 的声音信号称亚声波或次声波。次声波是一种无形的、人耳听不到的声波,波长很长,传播距离也比一般的声波、光波和无线电波都远。

早在 20 世纪 30 年代人们已发现次声,但真正引起重视并开展生物效应研究是在 60 年代<sup>[1]</sup>。它最早由法国科学家 Gavreau 于 1966 年提出,1972 年巴黎国际噪声专业会议正式确定次声的定义,并就有关次声的问题展开讨论。以后作为一门新兴学

科,次声的研究逐渐在法、俄、美、英、日等国展开。我国从 70 年代以来,也逐渐开展次声波的研究,但次声生物效应的研究,直到 90 年代才开始有少量报道<sup>[2]</sup>。

### 2 次声的产生

产生次声波的原因是多种多样的,大体可以归纳为两个方面。一是由于自然现象而产生的:例如火山爆发、地震、台风、海浪拍击等都有次声的产生<sup>[3]</sup>;又如,当海洋中风速大于 8m/s~10m/s 时,由于浪对浪的拍击可产生 8Hz~13Hz 的次声;天气变坏,狂风大作时,在十几层的高楼内可产生 1Hz~10Hz 的次声,当出现飓风时,所产生的次声功率可达数十千瓦,甚至数百千瓦,可传播数千公里<sup>[4]</sup>。二是由于人为因素而产生的:如核爆炸、火箭发射、超音速飞机的飞行等都伴有次声波产生。然而,对人类造成危害最多的是在日常生活和工业生产过程中产生的次声波,在冶金、建筑、机器制造等行业的生产环境中均有次声的存在。大功率的联合机械设备、涡轮机、压缩机、振动设备等在工作时均可产生

收稿日期:2002-12-09;修回日期:2003-02-26

作者简介:童娜(1979-),女,陕西华阴人,实习研究员,现从事声环境生物效应及其防护的研究。

次声,其强度可达 90dB~135dB,工作人员经常受到次声作用的最大值约在 90dB~110dB 以内,最大声能相应集中在 16Hz,其次是 8Hz。由于在工作、生活环境中,广泛应用针对可听声的隔声和吸声材料,因而环境噪声中可听声比重下降,而次声的比重上升。刮大风时,高层建筑的振动可产生 1Hz~10 Hz 的次声,常使人感到头晕、恶心、心神不宁。这些次声波给人类都会带来程度不同的威胁。

从物理角度看,人体器官是一系列多支点、多重心的弹簧模型,其固有振动频率在次声频率范围。例如,头颅、胸腔、腹腔等的固有频率大都在 1Hz~20Hz 之间<sup>[5]</sup>。故人体从脑到各内脏器官均有可能受到次声的影响。

### 3 次声的特点

次声波的特点主要表现为:

#### (1) 穿透能力强

按一般的声学规律,声音的频率越低,穿透力越强。例如,7000Hz 扩音器的声音,用一张普通的厚纸就可以将它隔住,但是对 7Hz 的次声,就是普通的墙壁也很难隔住它。次声波具有极强的穿透力,可以穿透大气、海水、土层、钢筋混凝土构件,还能穿过钢板、铁甲,甚至飞机机壳、舰艇、坦克等。

#### (2) 衰减小

次声波传播过程中衰减量极小,这是由于空气和水对它的吸收很微弱。印度尼西亚的喀拉喀托岛火山在 1883 年 8 月 27 日的一次大爆发,所产生的次声据说绕地球转了好几圈,当时在离火山中心 5000 公里远的印度洋西部的罗得里斯岛上就记录到这次火山爆发的次声波<sup>[2]</sup>。

### 4 次声对人体的作用机理及影响

次声的作用机理与可听声是不一样的。它作用于机体的基本原理是生物共振。将人体看作是机械振动系统,人体各部及脏器的固有振动频率均在次声频率范围内。当次声作用于人体时,一方面它直接、全方位的引起机体各部分及脏器的生物共振,使之吸收能量;另一方面,它同时刺激躯体本体感受器和内脏器官感受器,将次声的刺激传递到中枢神经系统的相应部位,最终引起一系列形态和功能的改变,最终影响生物氧化过程和能量的代谢合成。可见,次声对机体的作用是全方位、多层次的,作用途径较为复杂<sup>[6]</sup>。

由于人体各个器官的固有频率大都在 1Hz~

20Hz 之间,因此,这个频段的强次声最容易通过共振机理对人体产生危害作用。次声对人体生理功能的影响是多方面的,包括神经系统、心血管系统、内分泌系统、前庭和听觉系统等<sup>[7]</sup>。科研人员经过近 20 年的试验,证明频率在 2Hz~20Hz、声强级为 100dB~140dB 的次声可能给人体带来各种心理、生理上的强烈反应。实验表明,人的腹腔对 4Hz~8Hz 的次声,能产生相当危险的共振;胸腔对 5Hz~7Hz 的次声,产生强烈曲振动,并产生了人所不能忍受的胸痛;10Hz~13Hz 的次声,即可引起头痛等。人体对次声的反应各不相同,主要表现为头痛、烦躁、耳鸣、胸部有压迫感、四肢麻木、恶心、鼻出血、心悸、失眠、美尼尔氏综合症等自觉症状。这种自觉症状因人而异,有人极端敏感,有人毫无感觉。研究发现,乘船乘车时发生的晕船晕车现象,也与次声有关<sup>[8]</sup>。根据次声的流行病学调查发现,长期受环境中的低、中强度次声影响,会引起人体的应激反应及植物神经和内分泌系统功能紊乱,进而导致脑皮质功能失调。Naoko Nagai 等曾对居住在高速公路附近、长期受到 67dB~92dB 次声作用的 909 名居民进行调查,结果是,主诉表现为易怒(62.4%)、头痛(57.6%)、头重(52.8%)、思维障碍(42.6%)等共 21 种症状<sup>[9]</sup>。

次声对人体的影响按其声级高低可分为 4 种。第一种,次声声级在 170dB 以上,能使人的肺腔破裂导致死亡。第二种,次声声级在 140dB~150dB,人体会感到痛苦,但能短时忍受。第三种,次声声级在 120dB 左右,使人出现精力不集中,视力发生障碍等不适症状。第四种,次声声级在 100dB 以下,一般人很少出现不适症状。为了防止次声给人类带来的危害,一些国家已把防止次声和防止噪声一样,列入环境保护的内容之一。

### 5 次声的应用

#### 5.1 次声武器

次声波在介质中传播时,能量衰减缓慢,隐蔽性好,不易为敌人察觉,所以军事上常用次声波接收装置来侦察敌情。另一方面,次声波武器还可直接消灭敌人的有生力量。其原理涉及到物理学的一个重要概念——共振。已有研究证明,次声武器是利用和人体器官固有频率相近的次声波与人体器官发生共振,导致器官变形、移位、甚至破裂,以达到杀伤目的。次声武器大体可分为两类:(1)“神经型”次声武器。次声频率和人脑阿尔法节律(8Hz~12Hz)很

接近,所以次声波作用于人体时便要刺激人的大脑,引起共振,对人的心理和意识产生一定影响:轻者感觉不适,注意力下降,情绪不安,导致头昏、恶心;严重时使人神经错乱,癫狂不止,休克昏厥,丧失思维能力。(2)“器官型”次声武器。当次声波频率和人体内脏器官的固有频率(4Hz~18Hz)相近时,会引起五脏六腑产生强烈的共振。轻者肌肉痉挛,全身颤抖,呼吸困难;重者血管破裂,内脏损伤,甚至迅速死亡。次声武器的优点在于:①突袭性。次声波在空气中的传播速度为每秒三百多米,在水中传播更快,可达1500m/s左右。次声波是常人听不到、看不见的,故除了传播迅速之外,次声波又具有良好的隐蔽性。②作用距离远。根据物理学原理,声波的频率越低,传播时介质对它的吸收就越小,波的传播距离也越远。比如,炮弹产生的可闻声波,由于衰减快,在几千米外就听不到了,但它产生的次声波,可传到80km以外;而氢弹产生的次声波可绕地球传播好几圈,行程十几万千米。故高强度的次声武器具有洲际作战能力。③穿透力强。传播介质对低频率的声波吸收较小,故次声波具有很强的穿透能力。一般的可闻声波,一堵墙即可将其挡住,而实验表明,次声波能穿透几十米厚的钢筋混凝土。因此,无论敌人是在掩体内躲藏,还是乘坐在坦克中,或深海的潜艇里,都难以逃脱次声武器的袭击。④次声波在杀伤敌人的同时,不会造成环境污染,不破坏对方的武器装备,可作为战利品,取而用之。

现在研究的次声波武器有次声弹和次声枪,它们均由次声发射器、动力装置和控制系统组成。然而次声武器的问世,还有许多研究工作要做。其主要困难包括高声强次声的发声器的设计、装置的小型化处理以及定向聚束传播等关键问题。而这些问题是很难解决的,所以真正应用于战争的次声武器还不多见<sup>[10]</sup>。

## 5.2 侦察监测

次声监测是侦察大气核爆炸并决定其方位的一种有效的技术和非常实用的方法。用次声侦察核爆炸可在三方面提高大气监测能力。首先,它提供一个完全独立的爆炸发生指示,它与其它系统相结合将大大地提高鉴别核爆炸事件的最优置信度。第二,它提供迅速侦察,可在几小时之内做出报告。及时报告是很有用的,以支持其它测量。第三,一个周密设计的次声系统可以定位事件在100km之内,并且有极低的误警率。所以1994年联合国日内瓦裁军谈判中提出全面禁止核试验条约时,次声监测声学技术

统被列为四种监测系统(次声、水声、地震、放射性核素)之一。在全球建立有60~70个次声站,并且可与地震、水声、放射性核素共址,或成为辅助站,联成网和设立数据处理中心。1995年5月15~18日在美国弗吉尼亚的Chantilly召开禁止核试验监测技术国际会议上,发表了许多技术性文章,其中包括次声研究的最新进展<sup>[11]</sup>。

人们已经掌握了次声的“脾气”。对诸如地震、海啸、火山爆发等破坏力极大的灾害,用次声进行预报,使损失降低到最低限度。

在海难救援中,当无线电呼救信号失灵,遇难的海员只需将深水炸弹投入海洋爆炸,它所生成的次声波就能在几分钟之内将求援信号送向远方,叩响“水中听音器”,救助人员即可迅速赶到海难现场进行救护。

在地球表面进行定点爆破,用爆炸时所发出的强大次声波,可以调查和勘探地下矿藏资源和地层结构。

## 5.3 工业应用

### (1) 次声除灰

次声除灰,是将压缩空气的能量转换成次声波频率振荡,用以清除锅炉炉膛结焦、过热器及尾部受热面的结渣及积灰等,从而改变了传统的、锅炉用水吹灰或用蒸汽吹灰的方法。

次声除灰具有均衡清洁受热面,使其保持原高强度的传热效率的特点,且次声除灰装置体积小,系统简单,安装方便,运行可靠,维护工作量小<sup>[12]</sup>。

### (2) 油田开发

石油开发中利用次声波对储油层进行振动处理,可以提高原油的采收率,降低产出液的水油比<sup>[13]</sup>。

### (3) 次声冷却

在线材冷却技术中,一种新的控冷技术——次声冷却法已由瑞典摩根集团获得专利。这种新技术采用次声波产生高速的脉冲气流运动来改善线材与其周围空气的热交换,这种气流运动与一适当速度的恒定气流相迭加,可把受热的空气导出系统。该技术可获得比现行的空气冷却系统更为高效的冷却速率<sup>[14]</sup>。

## 5.4 医疗应用

次声波对人体健康也有益。科学家发现,呼吸运动、胃肠蠕动、胆囊排空、子宫、输尿管和膀胱收缩都会发出次声波,心音振动频率也包含有次声波信

号。利用特殊的次声听诊器可以将人体心、肺、胆囊、胃肠、膀胱、子宫等脏器发出的次声波分别接受下来,然后输入电脑进行处理分析,往往可以发现其他诊断技术难以发现的疾病。科学家研制出心音图机,收集心脏搏动时发出的低频声音的振动信号,将其变为电信号,并在纸上画出信号图像,把心音变成了图像,进行心脏病的诊断<sup>[15]</sup>。另外,法国学者也利用次声诊断骨质疏松<sup>[16]</sup>。

次声波也能用于治病。科学家制成的次声波按摩机就是利用次声对人体皮肤、肌肉、血管和内脏进行柔中有刚的按摩,其按摩的深度、面积和均匀程度超过了人工,有时能取得意想不到的治疗效果。利用次声治疗机还可以代替药物或手术来治疗胃肠功能紊乱、肠梗气、胆囊功能不良等病症<sup>[17]</sup>。

综上所述,次声波是一大公害,同时又是人类可以利用的一件“珍宝”。我们应该最大限度去防治次声波的发生和对人类造成的危害,同时还要尽最大可能研究次声波、利用次声波,使它能“改恶从善”,更好地造福于人类。

#### 参考文献:

[1] Broner N. The effects of low frequency noise on people [J]. A review. J. Sound and Vibration, 1978, 58(4): 483-489.

[2] 褚中祥. 次声及其医学效应[J]. 大自然探索, 1987, 20(6): 82-86.

[3] Bacteman O, Kohler J, Sjoberg L. Infrasound-tutorial and review: Part 2[J]. J. Low Frequency Noise Vibra-

tion, 1983, 2: 176-210.

[4] 陈景藻. 次声的产生及生物学效应[J]. 国外医学: 物理医学与康复学分册, 1999, 19(1): 9-14.

[5] Bacteman O, Kohler J, Sjoberg L. Infrasound-tutorial and review: Part 4[J]. J. Low Frequency Noise Vibration, 1984, 3: 28-67.

[6] 邢晓辉. 次声对大鼠听觉系统作用效应的研究[J]. 国外医学: 物理医学与康复学分册, 1999, 19(1): 15-17.

[7] 陆晓军, 王登峰, 李俊明等. 次声试验系统及次声对人体生理功能影响的试验方法[J]. 声学学报, 2002, 27(1): 27-32.

[8] 刘普和. 医学物理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1989. 98.

[9] Naok N, et al. J. Low Frequency Noise Vibration, 1989, 8(3): 87-99.

[10] 谷嘉锦. 高声强次声和低频声的研究[J]. 噪声与振动控制, 1999, (2): 6-8.

[11] 谢金来, 谢照华. 大气核爆炸次声监测系统[J]. 核电子学与探测技术, 1997, 17(6): 408-411.

[12] 金汝义. 次声波除灰技术[J]. 云南电力技术, 1995, 23(4): 67-68.

[13] 邵长金. 次声波在油田开发中的应用[J]. 物理, 1997, 26(10): 612-616.

[14] Colin Roy 著, 彭世铎 译. 线材控冷技术的最新发展——次声冷却[J]. 湘钢译丛, 1992, (3): 40-45.

[15] 徐季光. 次声波[J]. 北京电子, 2001, (4): 35-36.

[16] Dimitri M Donskoy. Infrasound Method for Bone Mass Measurements[A]. 133rd ASA Meeting[C]. State College. PA, 1997. 19.