

# 于无声处“听惊雷”

赵小青

(北京市北方工业大学理学院 100144)

声音是什么？古人说“耳听之而成声”。其实正常人耳能听到的只是频率在 20 ~ 20000 赫兹范围之间的声波，被称为可闻声波，而 20 赫兹以下的声波和 20000 赫兹以上的声波人耳是听不到的，它们被称为次声波和超声波，也被称为不可闻声波。其中次声波是人们不熟悉的，但它却有着奇特的效应，从而成为新概念武器家族中的一员——次声武器。

在人们的生活中存在着大量的次声源，大自然的多种自然现象如地震海啸、电闪雷鸣、波浪击岸、晴空湍流、龙卷风等均可能伴有次声的产生；导弹飞行、轮船航行、汽车行驶、鼓风机、搅拌机、洗衣机等也同样可以产生次声。

1964 年 10 月 16 日，我国成功地爆炸了第一颗原子弹。可是，当我国还没有对外公布消息时，某些外国媒体却已经作了非常详尽的报道。是谁泄露了核爆炸的机密？这个泄密者正是核爆炸产生的次声波。核爆炸时会伴随着次声波的产生，由于空气对声波的吸收与其频率成正比，所以次声波相比于可闻声波在传播过程中能量消耗非常小。频率为 0.1 赫兹的次声波，在空气中传播时的损失是 1000 赫兹声波的一亿分之一，几乎可以忽略，故次声波传播距离非常远。例如，一枚普通炮弹爆炸时，它所产生的可闻声波几千米外就听不到了，可它产生的次声波，在几百千米以外仍然被能接收到。一次 1000 万吨当量的核爆炸产生的次声波，可以传播几万千米。核爆炸产生的次声波，携带了大量的核爆炸信息，因此通过接收和测定次声波，就能获取核爆炸的重要情报。

次声波对障碍物的穿透能力非常强，例如 7000 赫兹的可闻声波，用一张普通的厚纸就可以将它隔住，但对于频率为 7 赫兹的次声波，一般的墙壁也不能将它挡住。实验证明，次声波可穿透 10 多米厚的钢筋混凝土墙。

在匈牙利有个包拉得里山洞，山洞周围景色宜

人，有很多游客慕名前来游玩。但是曾经发生过一件蹊跷的事情，有三位旅行者莫名其妙地在山洞中死亡。警方调查后排除了自杀和谋杀，却找不出三人死亡的原因。后来经过科学家的分析调查，最终认定三人是被次声杀害的。原来这个山洞入口狭长，加之当时天气突变，洞内产生了高强度的次声波，三位旅行者就这样死亡了。次声波为何可以对人产生如此严重的伤害？答案就是：共振！根据振动理论，人体内部的各个器官可以简化成弹簧振子，如图 1 所示。而这些器官的固有频率基本都在 20 赫兹以下，例如，肝脏的固有频率是 6 ~ 10 赫兹，头部的固有频率是 8 ~ 12 赫兹，神经系统的固有频率是 10 ~ 20 赫兹，心脏和前庭器官的固有频率均小于 5 赫兹。显然，人体器官的固有频率在次声波的频率范围之内。所以当次声波作用于人体时，与之频率相近的器官将发生共振，本来“安安静静”或有规律缓慢蠕动的内脏器官，在共振的作用下突然发生强烈的振动。共振对人产生的影响与次声波的强度大小有关。如果次声波的强度不大时，它只是使人在心理上产生某种不舒适的感觉。

如果次声波的强度略强，就会引起一些生理上的症状，如头痛、眩晕、恶心、精神沮丧等。在 20 世纪 60 年代，位于“协和”式飞机喷气发动机试验场不远的设计室工作人员，经常出现头晕、恶心等症状。英国科学家坦佩斯特通过调查发现，在发

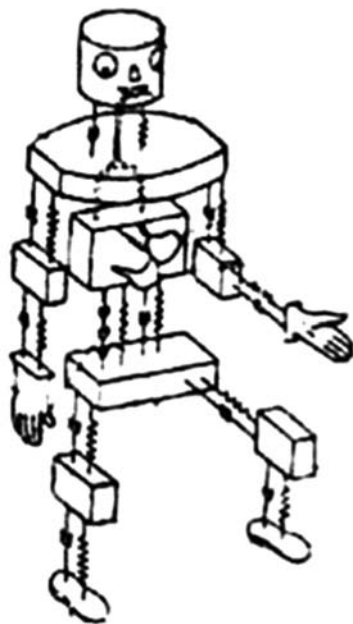


图 1 人体模拟结构示意图

内可以检测到很强的次声波。显然，人体出现的病症，是喷气发动机产生的次声引起的。次声波的强度继续增大，则会造成器官和功能的损伤，如耳聋、肌肉痉挛、四肢麻木、语言不清、神经错乱等。如果次声波的强度极强，将会导致脏器破裂，最终死亡。有的国家已经明确把次声列为公害之一，规定了最大容许次声级的标准。例如美国就将居住在宇航器发射基地附近的居民短时间暴露的最大次声级规定为 120 分贝。瑞典规定，在工作环境暴露 8 小时的情况下，频率从 2 到 20 赫兹时，允许最大次声级为 110 分贝。

由于高强度的次声波有如此大的杀伤力，同时又具有非凡的穿透力，立刻有人想到将其作为武器的可能性。因为次声波无声无息地快速传播，不易被人察觉，所以次声武器是一种真正可以用于突然袭击的武器；由于次声波的超远距离传播，因此次声武器具有洲际作战能力；次声波超强的穿透能力，使得次声武器能够消灭躲在掩蔽所、坦克、潜艇等貌似牢不可破的防护设施内的所有人员。次声波所到之处，将摧毁那里的一切有生力量。因此有人把次声武器与核武器相提并论，称其为大规模杀伤性武器。甚至有人断言，人类正面对着一种十分可怕的武器，它的杀伤能力超出了人类自身想象的边界。

根据次声波对人体的作用机理，次声武器大致分为两类：一类是精神型次声武器，它的频率与人处于清醒状态安静时的脑电波即阿尔法节律相近，专门用于刺激人的大脑，使受害者产生恐惧、癫狂甚至完全丧失控制自己的能力，直至死亡。在 20 世纪 30 年代，美国人伍德曾做过这么一个实验，将一台小型次声发生器带入一个正在演出的剧场，仪器打开后不久，剧场中轻歌曼舞令观众陶醉的情景不见了，观众呈现出惶恐不安的状态，而关闭仪器后观众又恢复了正常的状态。反复几次，均是如此。另一类次声武器是人体器官杀伤型，它的频率与人体内部器官的固有频率相近，作用于人体，人的五脏六腑会发生强烈的振动，导致丧生。1986 年 4 月 16 日，法国马赛郊区，有一家老少二十几口人正在用餐，突然间接二连三地有人扑倒在地。与此同时，在附近田间劳动的一家十口人，也如此突然死去。经调查，肇事者是隶属法国国防部的次声研究所的值班员，他因一时疏忽，使该所次声波扩散溢出，造成过失误伤。据报道，误伤三十条人命的不幸事件，是法国试验第二种次声武器造成的。

目前，世界上不少国家正在全力进行次声武器的研制，但只有极少数技术发达的国家能够研制出次声波武器的雏形。美国科学应用与研究协会制造的声波装置曾一度被考虑用于索马里。据西方媒体报道，美军曾将次声武器运到了波黑。但是次声武器至今尚未在战场上使用过。

次声武器主要由次声发生器、动力装置和控制装置组成，其中次声发生器是关键。从目前世界上的科学技术水平来看，要制造出武器型次声发生器，并非易事，需要解决和攻克许多技术方面的难关。

第一个问题是次声波的高强度。次声波要想成为具有杀伤力的次声武器，除了对频率的要求外，次声波的强度必须足够大，否则无法达到杀伤效果。人们首先想到用扬声器型次声波发生器来制造高强度次声波，那么这种扬声器的振动膜片必须有较大的振幅，但由于受到已有的材料和技术等方面的限制，振动膜片无法产生较大的振幅，所以扬声器型次声波发生器不可能产生高强度的次声波。在尝试了多种方法后，目前较有希望的是炸弹型次声波。据有关资料透露，1979 年某国曾做过这种炸弹型次声源的原理性试验，由于当时对其威力估计不足，缺乏良好的防护，结果造成不少在场人员的伤亡。但是这种炸弹型次声武器能否最后成功，其威力是否可以满足作战需要，还有待进一步论证。第二个问题是次声武器的小型化。武器小型化是武器能否应用于实战的一个重要条件。但是在现有技术条件下，能够产生高强度次声波的次声源必然是一个庞然大物。如果使用扬声器型次声波发生器，扬声器的周长大致要与所产生的声波波长相当。即若产生 10 赫兹的次声波，扬声器的直径将达到十二三米。如果用体积较小的气爆型次声波发生器，则不仅所产生的次声波强度太小，还存在着方向性的问题。第三个问题是次声波的定向聚束传播。当次声波在空间传播时，由于次声波的波长很长，容易发生衍射，次声波易于向周围扩散，使得能量不能聚集成束状传播，因此不仅不能达到攻击目的，还可能会危及次声武器操作人员的安全。有人提出加装抛物面反射体来实现次声波的定向聚束传播。但使用直径达几十米的抛物面反射体，次声波的方向性仍然达不到理想的要求。也有人设想，利用大气波导或水声道来实现定向聚束传播。大气波导或水声道指的是声音

在空气或海水中传播时的特定路径。在大气中，随着距地面高度的增加，空气温度逐渐降低，当高度达到 20 千米时，温度降到最低，之后随着高度升高，空气温度也随之升高，当高度高于 50 千米，空气温度又再次降低，到 80 千米高度，温度出现第二个极小值，

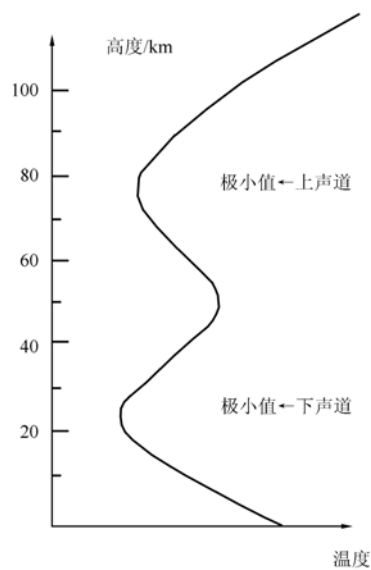


图 2 大气温度随高度的变化趋势

然后空气温度又随高度的升高而升高，大气温度随高度的变化曲线如图 2 所示。因为声波在空气中的传播速度与温度成正比，声波在温度不均匀的大气层中传播时会向温度低声速小的方向偏转，例如，白天的声音传播路径即声线将折向高空，如图 3 (a) 所示；而在夜间，地面空气温

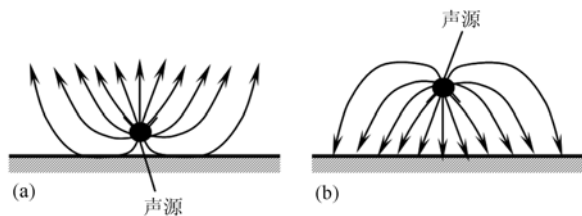


图 3 白天和夜间的声线

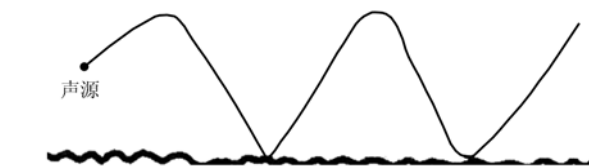


图 4 次声在大气波导传播的示意图

度迅速降低，声线又会折向地面，如图 3 (b) 所示。所以在两个速度极大值的空气层之间，声波的传播路径会表现出如图 4 所示的周期性变化，此时声波就如同被限制在一根管道中传播，不再向周围扩散。同理，声音在海水中传播时，其速度与水温、盐度和压力有关。在海洋中，盐度比较稳定，海水温度在几百米范围内随海水深度的增加而减小，因此声速随海水深度的增加而减小，而当海水深度达到 1000 米左右时，水温随深度变化很小，声速将会由于压力的增大而增大，这样的声速结构使得部分声波在海水中传播时上下来回折射形成天然的声通道。如果这种利用大气波导或水声道来实现定向聚束传播设想获得成功，就有可能使用次声武器专门攻击空中一定高度或海洋一定深度的有生力量。当然这只是理论上的设想，真正在实际中对大气波导或水声道的应用还会存在很多问题。

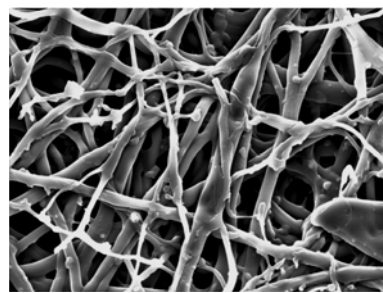
虽然次声武器的研究面临着许多问题，但是，次声武器独有的杀伤本领和巨大的威力，仍吸引着人们继续作着努力，因此“哑巴”武器必定会在未来的战场上—鸣惊人。

## 科苑快讯

### 超级材料蛋壳膜

鸡蛋打破后，帖附在蛋壳上的黏性物质被称为蛋壳膜，虽然总被扔掉，其实却价值巨大。根据 2014 年 9 月《生物材料学报》(Acta Biomaterialia) 刊发的研究论文，它在工业和医药上有多种用途。

扫描电子显微镜下可见超过 62 种蛋白质构成的薄膜网状结构(如图)。研究者说，这些蛋白质可用于从溶液中沉淀黄金，精细制造铝纳米线生产半导体组件，以及从污水中吸收染料或重金属。通过对蛋壳膜附加化合物，研究者已经制成在人体血液中侦测血糖、多巴胺和尿素浓度的生物传感器。蛋壳膜还可磨



成粉末，美国密苏里州的一家公司就出售蛋壳膜粉，用于治疗关节疾病。蛋壳膜也是科学界的热门研究课题，自 2011 年起，每年发表的论文都在 30 多篇。

这层黏性薄膜也存在不少缺点，首先是很难从蛋壳上剥下来，其次是太薄，厚度只相当于人的一根发丝，所以需要成百上千的鸡蛋才能满足用量。

(高凌云编译自 2014 年 8 月 12 日 www.sciencemag.org)