

# 听不见的声音——次声波

胡登翔

人耳的听觉范围在 20 ~ 20000Hz 之间,频率高于 20000Hz 的声波叫作超声波、频率低于 20Hz 的声波叫作次声波,它们都是我们无法听到的声音。下面就简单地向大家介绍一下次声波。

## 一、次声波的产生

地震、火山爆发、风暴、雷暴、海浪冲击等自然现象都会产生次声波。在我们工作、学习和生活的环境中,能够产生次声波的小型动力设备很多,如鼓风机、引风机、压气机、真空泵、柴油机、飞机起飞、车辆发动机等。我们也可以人为地制造次声波。

## 二、次声波的性质

**易衍射** 我们知道,发生明显衍射的条件是孔或障碍物的宽度比波长小很多或相差不大。由于次声波频率低、波长长,很容易发生衍射现象,它在传播过程中,不能被一般的障碍物挡住。在某些情况下,次声波还能轻松绕过庞大的建筑物和山峦。

**频率低** 次声波的频率很低,在 20 ~ 0.0001Hz 之间,声波在大气中传播的衰减主要是由分子吸收、热传导和粘滞效应引起的。此外,湍流作用也会引起次声波的衰减,但是它们的影响都很小,通常可略去不计。大气对次声波的吸收系数也很小,因而其穿透力极强。

**能量衰减小** 我们知道声波在传播过程中,频率越高,其能量衰减越快,传播距离也就越短。次声波是一种振动频率极低的声波,在空气中传播时由

于各种物质对它的吸收作用很小,所以能量消耗极小,往往在传播数万乃至数十万千米之后仍未见有明显衰减。因此无论是在地面、空中还是水下均能传播很远。例如 1883 年,印尼克拉长托火山爆发产生的次声波绕地球 3 圈之多;1961 年苏联在北极圈进行了一次 1500 万吨当量的核爆炸试验,产生的次声波绕地球转了 35 圈。

**穿透能力强** 次声波不仅来源广、传播远,而且具有很强的穿透能力,可以穿透建筑物、掩蔽所、坦克和潜艇等障碍物。7000Hz 的声波用一张纸即可隔挡,而 7Hz 的次声波可以穿透十几米厚的钢筋混凝土。高空大气湍流产生的次声波能折断万吨巨轮上的桅杆;地震或核爆炸所激发的次声波能摧毁高大的建筑物;海啸带来的次声波可将岸上的房屋毁坏。实验表明,当次声波穿过厚厚的墙壁时,强度无明显减弱,次声波要穿透人体自然更是相当容易。

## 三、次声波的传播

大气温度、密度和风速随高度具有不均匀分布的特性,使次声波在大气中传播时出现“影区”、聚焦和波导等现象。当高度增加时,气温逐渐降低,在 20km 左右出现一个极小值;之后气温又开始随高度的增加而上升,在 50km 左右气温再次降低,在 80km 左右形成第二个极小值;然后又升高。大气次声波导现象与这种温度分布有密切关系,声波主要沿着温度极小值所形成的通道(称为声道)传播,

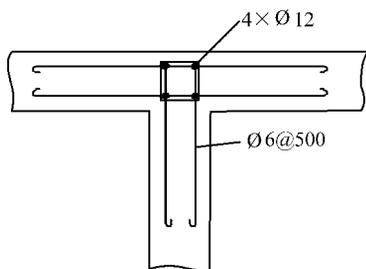


图 6 内外墙构造柱

大房间内外墙交接处均应设置构造柱。构造柱最小截面可为  $240 \times 180\text{mm}^2$ ,纵向钢筋为 4Ø12,箍筋间距不大于 250mm(如图 5、图 6)。构造柱与墙连接处砌成马牙槎,并应沿墙高每隔 500mm 设 2Ø6 拉结筋,每边伸入墙内不小于 1m,构造柱还应与圈梁

连接。

为防止建筑物变形、开裂和受地震力影响。在建筑物上可设伸缩缝、沉降缝、防震缝,设缝可按三缝合一原则。

(湖南省株洲职业技术学院 412001)

在设计建筑物时会根据地质勘测提供的地耐力数据计算底面积扩大多少。房屋地基不在同一平面,低处中间墙体受土层侧压力作用,设计与施工时墙体要加厚,且基础也同时增大了底面积。

马牙槎即墙体砌成“五进五出”,五皮砖砌成凹进 6cm、五皮砖砌成凹出 6cm,这样混凝土结构柱浇灌时便和墙体结合得更好,增加了建筑物的结构性与稳定性。

通常将 20km 高度极小值附近的大气层称为大气下声道,高度 80km 附近的大气层称为大气上声道。次声波在大气中传播时,可以同时受到两个声道作用的影响。在距离声源 100 ~ 200km 处,次声信号很弱,这样的区域通常称为影区。在某种大气温度分布条件下,经过声道传输次声波聚集在某一区域,这一区域称为聚焦区。

次声在大气中的传播也会受到风的影响,在顺风 and 逆风时差别很大:顺风时,声线较集中于低层大气;逆风时,产生较大的影区。不同频率的次声在大气声道中传播速度不相同,产生频散现象,这使不同地点测得的次声波的波形各不相同。

大气密度随高度增加而递减,如果次声波波长很长(例如有几十千米),一个波长范围内的大气密度已有显著变化。当大气媒质在声波作用下受到压缩时,其重心较周围媒质提高,因而除受弹性恢复力作用外,还受重力作用。反之,当它在声波作用下膨胀时,附加重力将使它恢复到平衡状态。所以长周期次声波,除受弹性力作用外,还有附加重力作用,这时次声波通常被称为声重力波。声重力波在大气中的传播,理论上可以看作一些简谐波的叠加,基本上可分为声分支和重力分支。其在大气中传播都具有频散现象。由于重力分支主要能量在地面附近传播,地面附近温度较高,因此传播速度较大。

#### 四、次声波对人体的危害

人体各器官固有的振动频率称为人体阿尔法节律,这种频率在 3 ~ 17Hz 之间,如头部为 8 ~ 12Hz、胸腔为 4 ~ 6Hz、心脏为 5Hz、腹腔为 6 ~ 9Hz。当来自外界的次声波与人体自身固有频率相吻合时,肌肉及内脏器官会产生共振,并将刺激传到人体中枢神经系统相关部位,引起一系列功能和形态改变,最终影响组织分子结构、生物氧化和能量代谢过程,从而产生危害。当次声波达到一定程度时,人会产生恐惧、恶心、眩晕等不适症状。其中 5Hz 左右的次声波危害最大,可引起神经错乱、大脑损伤、视觉模糊、血压升高、四肢麻木,甚至五脏破裂。人之所以会晕车、晕船,也是由于机器振动、空气和海浪互相摩擦发出的次声波引起的。次声波对人体的伤害还与其声强有关。通常人耳鼓膜能承受的声波强度是 20 ~ 80dB (分贝),一旦强度超过这个界限,就会对健康产生危害。科学家研究后普遍认为,次声强度在 140dB 左右时,即使作用时间较短也会引起人体

内脏器官机能改变;当次声强度上升到 150dB 时,则会引起人体内某些器官产生病变;如次声强度再度升高,不仅会产生生理病理方面的明显变化,还会导致伤亡。因此 150dB 的声强级被定为人体承受次声的安全极限。1968 年的一个傍晚,一些正在田间操作和享用晚餐的法国农民突然失去知觉,几十秒后死亡。原因是 16km 外马赛附近的法国国防部次声试验所进行次声武器试验时,不慎将次声波泄漏出军事工程之外。

下面是两个关于百慕大的神奇案例:1918 年 3 月装载锰矿的美国海军辅助船“独眼神”号失踪,这艘巨型货轮拥有 309 名水手和当时先进的无线电设备,竟没有发出任何呼救讯号就无影无踪了。1945 年 12 月 5 日,5 架执行美国海军训练任务的“19 飞行中队”飞机在百慕大三角地区神秘失踪,几小时后,另一架救援飞机也失踪了,27 名海军飞行员和机组人员从此下落不明。

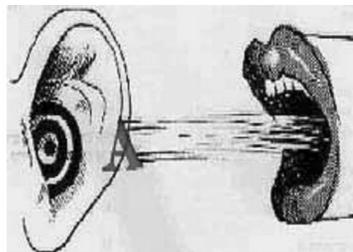


图 1 次声波可与人体器官产生共振

对于百慕大三角区飞机和船舶的神秘失踪,至今也没有定论,其中一种说法是“次声说”,即原苏联舒列伊金提出的“海上次声波震动论”。他认为次声波或许就是制造这些灾难的罪魁祸首。百慕大三角区海洋的下方有一条强大的河流,流向正好和海面上的海流方向相反;在马尾藻海发现一系列漩涡;在三角区的南部有一条地震活动带;并且这里还有很深的海沟(即波多黎角海沟);再加上这一区域海水温度的巨变,都促使强大次声波的产生。同时海面上的风暴、海浪冲击以及海风与海面的巨大摩擦都可以产生很强的次声波,这些次声波互相叠加,使百慕大三角区成为布满巨大次声波的地带,因此造成飞机坠毁、船只失事。虽然对于船只的消失和其他奇怪现象,次声说不能做出圆满的解释,但是次声说仍然可以合理地解释部分神秘现象。

#### 五、次声波的用途

尽管次声波会危害健康,给人类带来灾难,但是如果能够积极地利用其特殊性能,还可以使它“弃恶

从善”，为人类服务。

**次声波在军事上的应用** 次声波武器是一种通过发出与人体一些器官固有频率相同的超强声波，与人体器官产生共振，使人感到恶心、呕吐、难受，失去平衡感和方向感，继而失去战斗力的一种武器。例如 1995 年底美国出兵干涉波黑内战时，就曾秘密对波黑塞军阵地进行非致命的次声攻击，据称几秒钟就使塞军阵地陷入一片混乱，有人昏倒、有人呕吐不止。

次声在传播过程中无声、无光亮，不易被敌方觉察，因而次声武器隐蔽性好，再加上它有很强的穿透性能，对隐藏在车辆或工事中的敌人也具有良好的软杀伤效果。因此在未来中低强度局部战争以及维和、平暴等非战争行动中，次声波武器有着广泛的应用前景。现在有些国家正在研制一些小功率的次声波枪、次声波炸弹，用于反恐、防爆、防劫机等行动中，只杀伤暴乱、恐怖分子，而不破坏其他设施。次声武器还有一个特点，就是一般只伤害人员，不会造成环境污染、破坏自然物质。但以次声武器作为一种重要且有效的武器，还要做许多工作，当今能在战场上使用的小型次声源还不理想。次声在传播过程中，定向聚束性不强，不仅有效作用距离小，而且还会发生误伤现象。因此还必须突破两项关键技术：一是更高功率的次声发生器，二是次声波的聚焦发射问题。

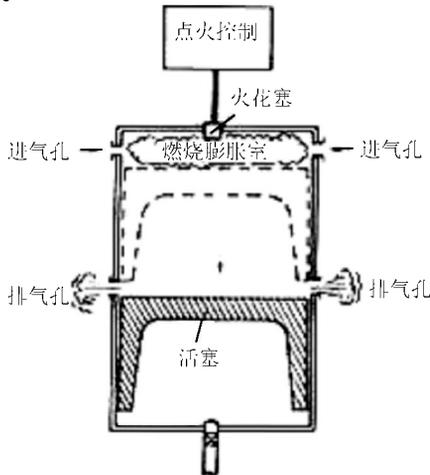


图 2 气爆式次声武器工作原理

此外，由于次声在介质中传播衰减缓慢，在水中传播速度快，可达  $1600\text{m/s}$ ，因此在军用侦察方面效果极佳。

**灾害预报** 通过研究自然现象中次声波的特性和产生机制，可以更深入地认识其特性和规律。

由于次声波在传播过程中能量衰减少，往往在传播数万乃至数十万千米之后仍未见明显衰减，传播距离远、速度快、穿透能力强，所以可以及早地探测地震、火山喷发、预报台风、海啸等各种自然灾害。许多灾害性现象如火山喷发、台风和海啸等在发生前可能会辐射出次声波，因此利用这些前兆现象有可能预测灾害事件。比如，因风暴的移动速度远小于次声波，利用次声监测系统可以及早收到风暴产生的次声波，及时准确地发出警报，从而防范和减小自然灾害对人类的危害。现在可以通过接收核爆炸、火箭发射火炮所产生的次声波去探测这些次声源的有关参量，同时还可用它测定同温层中冷热空气团的分布。用来监视火箭发射和核爆炸试验的高灵敏度水声探测器，能“听”到诸如  $1500\text{km}$  以外宇宙飞船火箭的发射，还能测出  $5000\text{km}$  以外发生的地震。

**地质勘探** 地质工作者在地面上有计划地定点爆破，用爆炸时所发出的强大次声波穿透地层，可获得地下构造的信息，探测地层深处的矿藏。

**次声波应用于海事** 当无线电呼救信号在海难救援中失灵时，遇难的海员只需将深水炸弹投入海洋，爆炸生成的次声波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。

**次声波应用于医学** 次声波还可帮助医生诊断病情，医生用特殊的次声波接收器“收听”人体器官发出的次声波，可以确诊疾病的位置。

**次声波应用于气象** 次声在大气中传播时，很容易受到大气媒质的影响，它与大气中的风和温度分布等有密切联系。因此可以通过测定自然或人工产生的次声波在大气中传播特性，探测某些大规模气象的性质和规律。这种方法的优点在于可以对大范围大气进行连续不断的探测和监视。

次声波在声学中还是一个比较新的领域，对次声波的积极研究，尤其是对次声的影响和应用的研究，使次声学应运而生。这将使人们更深入地了解 and 认识次声波，减小其危害，使其更好地造福人类。

(四川仁寿中学 620500)