

与其延迟线延迟间隔的关系式。

四、计算实例

式(8)描述了模拟器方位准确度与模拟器延迟线延迟间隔的关系, β_j 的取值理论上应是模拟器可以设置的所有方位, M 当然是这个所有方位的总方位个数。例如, 要求设计一个方位设置值为 0.05° 可分辨的模拟器, 就需要对 360° 范围内的 7200 个 β_j 值进行计算, 这是一个相当繁琐的计算。实际上, 对于由 N 个基元组成的圆阵来说, 形成波束的各基元的相对时延关系是以 $2\pi/N$ 为周期重复的, 因此 $0-2\pi/N$ 的方位是有代表性的。当 $N=32$ 时, 重复周期为 11.25° , 需要计算的 β_j 值可以缩减为 $0-11.25^\circ$ 的 225 个。

图 2 是一条 σ_B 与延迟间隔 T_B 的关系曲线, 它是由式(8)计算的。计算参数如下: 阵基元数 $N=32$, 阵半径 $R=0.8\text{m}$, 工作频率 $f=6\text{kHz}$, 声速 $c=1500\text{m/s}$, 形成波束的基元数为 12。图 2 曲线呈很好的线性关系。由于该曲线是在特定参数下计算得到的, 不能说明该曲线具有普遍性。因此, 随着模拟器设计参数 (N 、 R 、 f 等) 的变化, 要进行具体的计算, 根据设计要求的模拟器准确度指标选定合适的延迟线延迟间隔。

本文上面提及的方位准确度, 系专指由模拟器延迟线的时间离散产生的。实际上, 对声

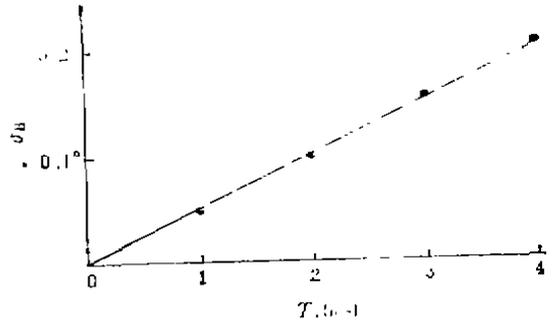


图 2 模拟器方位准确度与其延迟线延迟间隔的关系例

呐模拟器设计来说, 这个时间离散是影响方位准确度的主要原因, 但模拟器各基元信号的幅度和相位的不一致性, 也会对方位准确度产生一定影响。

实际设计中声呐模拟器的方位准确度要比整个声呐系统的测向精度指标选择得为高, 以便满足声呐测向精度指标测试中对模拟器方位准确度的容差要求。

本文主要讨论了模拟器延迟线的延迟间隔对模拟器方位准确度的影响, 忽略了延迟间隔对模拟器指向性的主瓣对称性和付瓣等的影响。

本文的计算工作是由李英同志完成的, 在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 李启虎, 声呐信号处理引论, 海洋出版社, 北京, 1985 年。

音乐胎教中的声学问题和人体透声的实验测量

邵道远 张彬铨 张万成

(中国科学院声学研究所)

万焕忠 孙长玲 刘泽伦 田绍荣

(北京医科大学附属人民医院) (北京医科大学附属第一医院)

1990 年 10 月 15 日收到

利用声音(音乐)进行胎教有根据吗? 即空气中的声音能够透入人体吗? 通过模拟实验和人体透声的直接测量, 回答是肯定的。实验结果表明, 声波从空气中透入人体后, 衰减呈低通特性, 1000Hz 以内

的声波衰减在 10dB 左右,高于 2000Hz 的声波衰减大于 20dB. 为了有效地将声波传入人体,可以采取与人体直接耦合的方法来实现.

一、引言

人从周围环境中所获得的信息,绝大部分是靠耳朵和眼睛来实现的,声音更是人们主动向胎儿和婴幼儿传递信息的手段. 据解剖学提供的材料,胎儿经过 28 周的孕育后,听觉系统已趋完善,具备了接收声音的功能. 这时胎儿可以听到母亲的心跳声,肠鸣声和胎盘中血液的流动声,从此,幼小的生命告别了寂寞的生活环境,进入了一个充满多种音响的新天地,开始了胎儿最重要的后三个月的发育阶段. 音乐胎教就是抓住这一重要时期,利用听音乐以及与胎儿“搭说”的方式,自觉地、经常地对胎儿施加有益的刺激,主动避开各种强烈噪声的干扰,以实现对人类智力的早期开发.

从声学角度出发,这里有如下的问题需要回答,一是空气中的声音能否透入人体,二是透入人体后的声音的衰减大小与频率的依赖关系如何.

有人对音乐胎教提出质疑,认为外界的声音根本传不进入体,胎儿也就无法听到外界的声音,因而音乐胎教是没有根据的. 本文是顺便对这种质疑的答复.

二、声波与人体的耦合方式

在空气中传播的声波很少是单一频率的. 就语言和音乐而言,其主要频谱集中在几十赫兹至数千赫兹之间,高低频声波透入人体的强弱是不一样的,但总的讲,透入时声能有相当的损失. 为了将这种宽频带声波有效地传入人体,我们下面将证明,可以采用直接耦合的方法,将特制的小型扬声器的辐射面贴附到人体表面,这样声波不经过空气耦合而直接传入人体. 由于肌肉对声频范围内的声波吸收较小,这就提高了传入体内声音的质量.

三、胎儿的听觉渠道

人感知周围的声音有两条渠道,一条称为气传导,一条称为骨传导. 健康人感知声音的主要渠道是气传导,只有在气导途径受损而失聪时,骨导的作用才被利用起来,在内耳不受损伤的前提下,通过骨传导来感知声音.

对于胎儿在子宫内主要通过哪一条渠道感知声音,我们没有见到有实验资料. 我们估计,在子宫内被充有羊水的胎膜所包住的胎儿,类似人在水中的状态. 文献[1]指出,人在水中是通过骨传导感知水下声源发出的声音的. 由此推论,胎儿很可能是用骨导方式来感知声音的.

四、人体透声的实验测量

通过实验可以了解声音透入人体后的变化情况,在进行人体试验以前,先做了两个模拟试验. 一是用新鲜的五花猪肉来模拟孕妇的腹壁,一是用盛满水的适当大小的塑料水桶来模拟孕妇的腹部. 将一块宽 25cm,长 35cm 和厚 3cm 的猪肉叠成 25cm × 18cm × 6cm 的长方体,置受话器于其内,分别测量出给定频率的声波在肉内与肉外同一点的声压值,从而得到猪肉试样对声波的衰减值,测量的频率范围是 100Hz—6000Hz,其结果见图 1. 用做模拟腹部实验的塑料水桶尺寸为 $\phi 27\text{cm} \times \phi 19\text{cm} \times 27\text{cm}$,盛满水,测量水桶内和将水桶移去后同一点的声压值,从而得到空气中的声波透入水桶后的衰减量,衰减与频率的关系示如图 2.

人体透声的直接测量是将微型受话器经严格消毒后,置于孕妇的子宫内,紧贴胎膜,用来接收由体外传入体内的声音. 受话器收到的声音信号经滤波放大后,用示波器测量并记录在磁带上,同时用“B 超”观察胎儿的反应,框图见图 3. 试验用声音是由空气透入人体的,它的

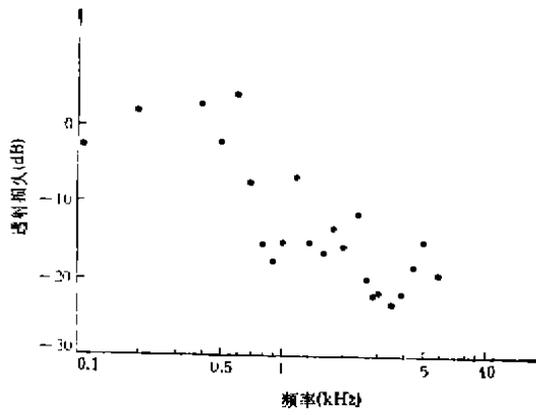


图1 声波透过猪离体软组织后的衰减与频率的关系

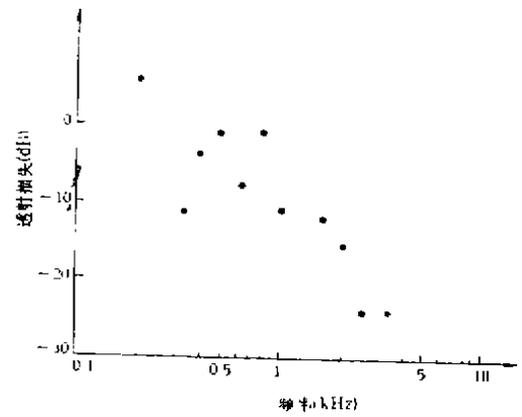


图4 声波透入人体后的衰减与频率的关系

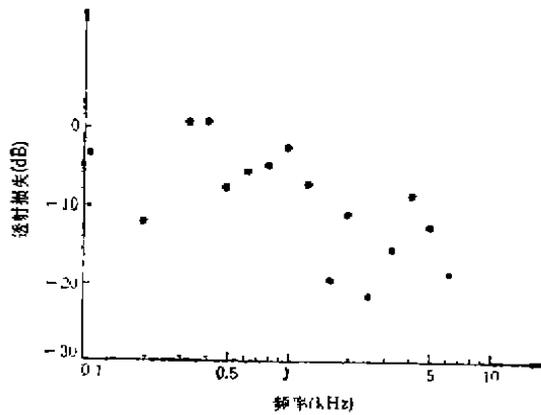


图2 声波透盛水塑料桶后的衰减与频率的关系

原频谱作比较,结果示于图5和图6。

噪声试验是用各种型号的飞机起飞和降落时的噪声和织机噪声,前者是间歇的,后者是连续的。在实验的过程中用“B超”监视胎儿的反

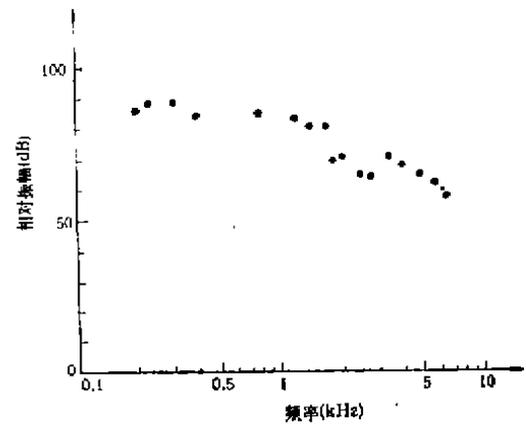


图5 人体透声测量用声源音乐的频谱图

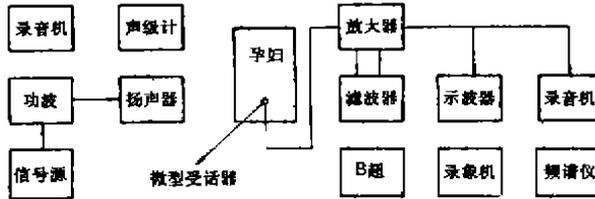


图3 人体透声实验框图

种类有纯音、音乐和噪声,音乐与噪声由录音机播放,纯音用信号发生器推动功率放大器,由3W音箱产生,频率范围为100Hz—5000Hz,测量出同一频率的声波的体内外声压值,从而得到声波从空气中透入人体后的衰减与频率的关系,测量结果如图4。

音乐试验的目的是要观察透入人体后其音色变化情况,录音机播出的音乐声级控制在85dB左右,将体内收到的音乐声进行谱分析与

应用声学

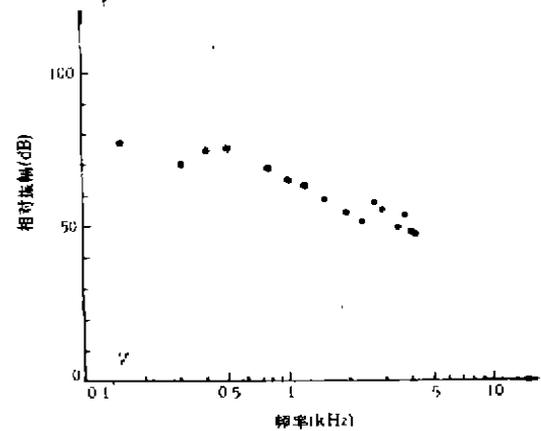


图6 图5音乐通过空气透入人体后的频谱图

应和用胎心监护仪监视胎心的变化。

为观察人体接触传声的效果, 实验中我们另用特制的小型扬声器作声源, 将其辐射面与人体表面直接耦合, 使声音不经过空气而直接耦合传入人体, 将体内收到的声音进行频谱分析并与原频谱作比较以得出直接传声的优劣, 试验结果示如图 7。

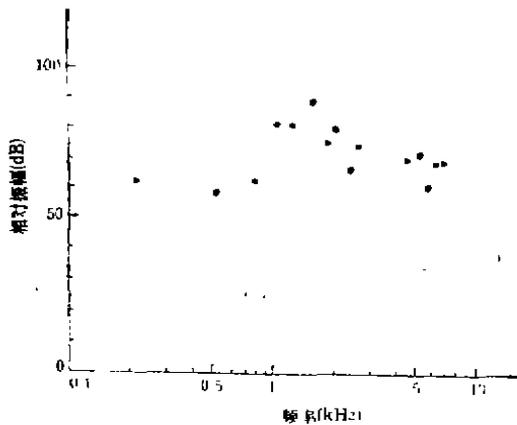


图 7 图 5 音乐用 TJ-1 型胎教传声器直接耦合人体传声后的频谱

五、测量结果的分析

图 1、图 2 和图 4 是纯音的试验结果, 图 1 与图 2 是模拟试验, 图 4 是人体透声直接测量的结果。它们显示的规律是类似的, 即透声衰减呈低通特性; 1000Hz 以内的声波透入上述介质衰减较小, 约 10dB 左右, 而高于 2000Hz 的声波衰减大于 20dB。图中的个别数据显然是有误差的, 如图 4 中相对 100Hz 的声波透射损失是正分贝数, 似乎声音从体外传入体内反而增强了。这种误差是由于在测量体内、外声压时, 接收器未严格处于同一位置而造成的。

为了进一步佐证单频的试验结果, 图 5 和图 6 给出了音乐的试验数据。图 5 是透入人体前的一段音乐的频谱, 图 6 是同一段音乐透入孕妇腹内的频谱。透入前, 200Hz 与 4000Hz 两段频谱的谱级差 19dB, 透入后则相差 29dB, 即 4000Hz 的声波相对于 200Hz 的声波多衰减了 10dB, 高于 4000Hz 的谱差变化还要更大。从

磁带回放的听觉效果来比较, 有两点是明显的, 一是音乐的高频部分被削弱了, 二是信噪比降低很多。

图 8 是孕妇的心音频谱。心音的主要频谱在低频部分, 高于 50Hz 的频谱已减弱 50dB 以上, 不会掩盖体外传来的具有一定声强的声音。

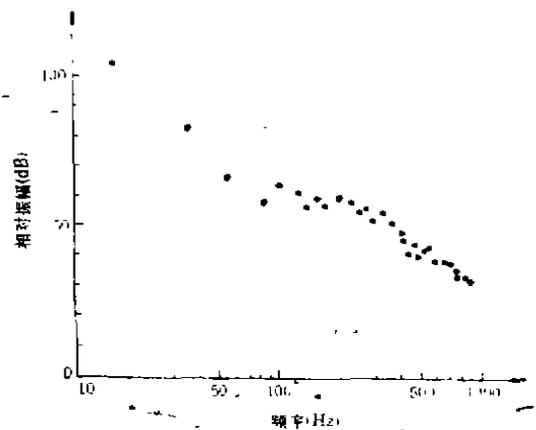


图 8 孕妇心音频谱图

利用人体直接耦合传声的效果显然不同, 音乐中丰富的高频成分被传入体内, 磁带回放出来的声音清晰明亮, 有很高的信噪比, 这表明直接耦合传声的能量损失很小。图 7 是与图 5 和图 6 相同的一段音乐的频谱图, 不足之处是低频部分稍弱一点, 这是由于用来做试验的小型扬声器低频响应偏低造成的。若胎儿是通过骨传导感知声音的推断成立的话, 低频声弱一点是不会影响胎儿感知声音的质量的。

通过噪声试验, 观察到两个应引起注意的现象。一个是当飞机噪声突然响起时, 除体内的受话器收到强烈的噪声信号外, 在“B 超”的显示器上同步地观察到胎儿有胎动; 另一个是在织机噪声长时间的刺激下, 胎儿心跳次数有增加的趋势。这两个现象不仅从另一个方面说明体外的声音透入了孕妇的腹内, 而且还被胎儿“听到”了。

1987 年在北京召开的国际噪声会议上, 有好几篇报告^[4]涉及噪声对胎儿发育所产生的影响, 列举了住在大机场附近的居民, 在飞机噪声的长期刺激下, 不仅能够影响幼儿的智商, 而且

可能使胎儿产生畸形。本文所给出的实验资料也提醒我们要注意在高噪声环境下工作的孕妇的劳动保护问题,尤其在孕期的后三个月,噪声对胎儿可能造成直接伤害。避免强烈噪声对孕妇和胎儿所产生的不良影响,是提高人口质量不应忽视的一个重要方面。

六、结 论

通过以上的实验和分析,可以得出以下几点结论。

1. 体外的声音通过空气耦合传入人体后,衰减呈低通特性。1000Hz 以内的声波,透入人

体后的衰减量在 10dB 左右,高于 2000Hz 的声波透入人体后的衰减量大于 20dB。

2. 利用声源的辐射面与人体表面直接耦合传声,是一个向体内传声的好方法。

3. 开展声音对胎儿影响的研究,即利用优美的音乐对胎儿产生良好刺激,促进胎儿生长发育,避免噪声对孕妇和胎儿所产生的有害影响,是提高人口素质的一项基础性的研究工作。

参 考 文 献

- [1] 邵道远,张彬铨,张万成,应用声学,8-3(1989),38-39.
[2] 第十六届国际噪声控制工程学术会议论文集,北京,1987, pp. 921-923, 941-944, 945-947.

声测土的动参数与物理力学性质 间关系的初步研究

陈 隆 涛

(湖北省地质实验研究所)

1990年4月27日收到

在室内土样测试工作的基础上,近两年来应用声波探索土的动力特性与物理力学性质的关系,严格控制测试条件,使纵、横波速能较为准确测得的情况下,通过大量原状土样的声波测量和土的物理力学性质试验,将所测结果进行回归分析,建立了相关关系,认为土的动弹模量、横波速度分别与物理力学性质有着一定的相关性。

一、引 言

随着大型工程和高层建筑的兴建,建筑物防震和抗震问题已成为必须考虑的重要问题之一。因此,在勘察和设计中需要土的动弹性力学参数,作为评价稳定性和工程设计的依据。近两年来,我们通过大量原状土样的声波测量和同时进行物理力学性质测定,来探索土的动力性质与其它物理力学性质的关系,并用多种手段所得测试结果,相互验证,以满足高层建筑地基勘察设计的需要。

应用声学

二、声波测试

近年来,国内外声波(超声波)测试技术在岩体(岩石)力学和工程应用中得到了迅速发展,但在土力学方面,至今尚未得到充分的研究和广泛应用。

1. 声波测试的理论基础

土的声波测量,目前假定土为一均匀的各向同性介质,利用弹性波在土中的传播特性,来研究土的物理力学性质,而声波的纵、横波传播速度与土的弹性之间有下列关系^[1]: