

(1) 分蘖性能差的品种, 超声处理可促进分蘖, 提高有效穗数。(2) 在生长季节紧张的高寒地区对提早播种有应用价值。(3) 在早春飞机播种条件下可提高出苗率。(4) 在种子繁殖和育种加代时有应用价值。(5) 在其它作物或植物上对其应用途径有探索的必要。

参 考 文 献

- [1] O. A. 克罗托娃. 用超声波处理种子, 苏联果园和菜园杂志, 1959; 9.
- [2] L. 别尔格曼. 超声, 国防工业出版社, 1964.
- [3] 超声对冬小麦生长发育及增产效果的研究, 陕西师大学报自然科学版, 1975; 2.

不同类型传感器对检测肺音信号谱特征的影响

徐泾平 闵一健 张伊立 张明铎 张军平 臧晓非

(陕西师范大学应用声学研究所 西安 710062)

1991 年 9 月 25 日收到

肺音信号是一种十分微弱的生理声信号, 它蕴含着呼吸系统的生理学与病理学信息。不同类型传感器以及传感器与皮肤之间的不同耦合方式对检测到的肺音信号谱特征有着重要的影响。本文对声压型电容传声器, 声场型电容传声器、加速度计, 以及电容传声器与人体皮肤之间的不同耦合方式, 对检测到的肺音信号谱特征的影响进行了实验研究。结果表明: 声场型电容传声器可用于检测肺音信号, 加速度计与电容传声器两种方式检测到的气管音功率谱特征有较大差异, 而空气耦合腔电容传声器的耦合腔开孔与否对肺音信号谱特征有明显的影响。我们对上述不同检测方式对肺音信号谱特征的影响进行了初步分析。

一、引 言

肺音是肺内与支气管内振动向胸壁传播至体表的一种声信号。通常, 人体体表振动幅度很小, 且常受到检测方式的影响。在检测肺音中, 人们尝试过各种传感器, 并对传感器进行了初步研究。Gavriely 等人采用 Hewlett-Packard model 21050 A(B) 型加速度计与新型的 PVDF 传感器, 他们的实验结果表明: 气管音的功率谱类似于窄带白噪声的谱^[1-2]。Druzgalisk 等人对多种传感器进行了比较研究, 他们认为: 检测肺音最好采用空气耦合-电容传声器^[3]。Charbonneau 等人在文献 [3] 的基础上设计制作了包括传声器在内的一个探头, 在探头中的空气耦合腔上开了两个小孔, 这样可使

空气腔内保持大气压^[4], 他们的实验结果与 Gavriely 等人的实验结果有很大差异^[1,4]。因此, 探讨不同类型传感器与电容传声器的不同耦合方式对人体肺音信号的影响, 成为肺音学研究的一个重要课题, 这方面的研究将有助于设计适用于临床实用的肺音计或其它肺音检测分析仪以及应用肺音的呼吸监护仪, 有助于肺音波形, 频谱特征的标准化。本文着重讨论不同类型传感器及电容传声器的不同耦合方式对检测肺音信号谱特征的影响。

二、实 验 系 统

实验系统框图如图 1 所示。探头由电容传声器(声场型与声压型)及其附件组成, 或由加速度计及其附件组成。使用加速度计时, 用双

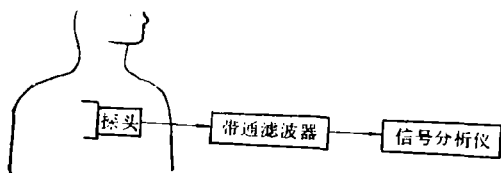


图 1 实验系统框图

面带粘性的带子将加速度计固定在人体检测部位,拾取体表振动信号。空气耦合腔电容传声器则是通过腔将体表振动转化为腔中的气体振动而产生电信号,空气腔是探头的重要组成部分,腔的设计见文献^[5]。带通滤波器的频带为 80—2000 Hz ($\pm 1\text{dB}$),功率谱分析是采用日本 7T08S 信号处理机进行的,采样频率为 5 kHz,采样点为 1024。计算时,将肺音考虑为准周期的局部平稳的随机信号^[6],对 5—10 个周期的肺音进行统计分析,所得结果为肺音的平均功率谱,然后,实验研究不同传感器以及电容传声器与皮肤间不同耦合方式(加耦合腔与不加腔,耦合腔开孔)对检测肺音信号功率谱特征的影响。

三、实验结果

1. 声压型与声场型电容传声器

在以往的检测肺音中,大都使用声压型电容传声器,这种类型传声器常用于腔体声测量。声场型电容传声器常用于自由场或类似于自由场的声环境测量^[7]。原则上,声场型电容传声器也可用于腔体中声测量,但由于空气耦合腔

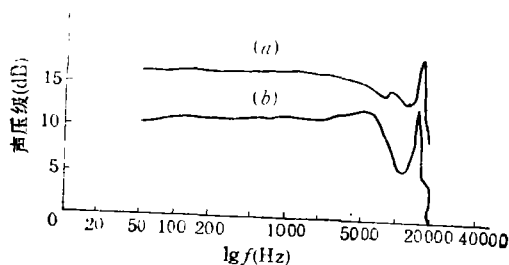


图 2 声场型、声压型探头的频响。

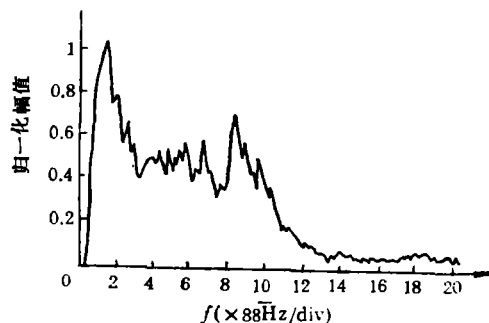
(a) 声场型, (b) 声压型。

应用声学

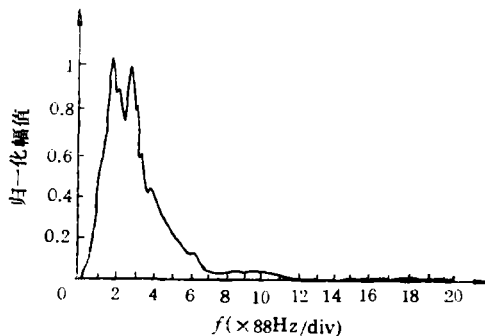
的存在,空气耦合腔声场型电容传声器的频响将有改变,特别是在高频端。加半径为 11mm,长为 5mm 的耦合腔后,声压型与声场型电容传声器两种传声器与耦合腔组成的探头的频响如图 2 所示。从图可以看出:在 80—2000Hz 的频带内,加同样尺寸的耦合腔后,两种传声器所组成探头的频响都是平直的。对肺音实测结果表明:用两类传声器检测到的同一个人的同一种肺音,其谱特征相同。

2. 加速度计与空气耦合腔电容传声器

这两类传感器常用于检测肺音,图 3 所示为我们采用北京测振仪器厂的 YD-1 型加速度计与江西红声厂的 HS14401 声场型电容传声器与空气耦合腔组成的探头分别测量同一个人气管音的平均功率谱。



(a)



(b)

图 3 用加速度计与空气耦合电容传声器所组成探头分别检测的同一个人气管音的平均功率谱, (a) 加速度计 (b) 用空气耦合电容传声器

采用加速度计检测的气管音的平均功率谱类似于窄带白噪声的谱,它不同于图 3(b) 用空

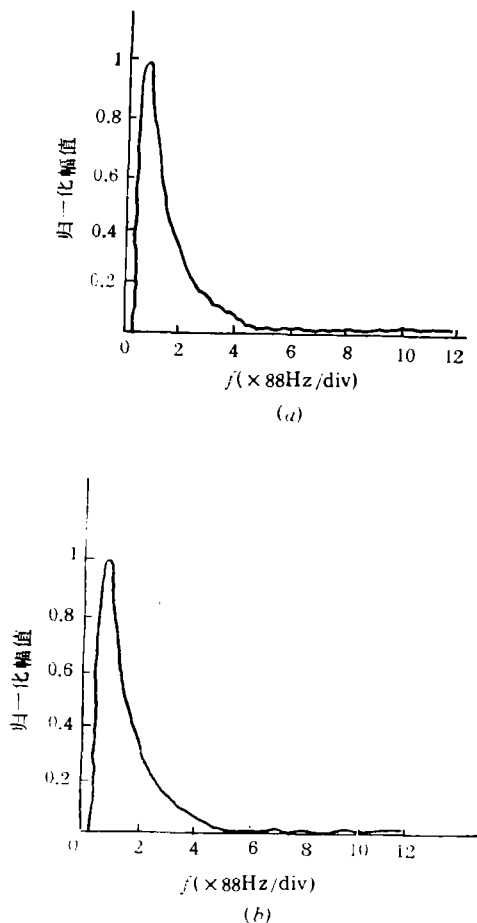


图 4 用两种检测方式检测的同一个入肺呼吸音的平均功率谱

(a) 用空气耦合电容传声器 (b) 用加速度计

气耦合电容传声器所构成探头检测到气管音的平均功率谱。应用两种检测方式检测到的肺呼吸音平均功率谱如图 4 所示。

由图 4 可见：用两种类型传感器检测到的肺呼吸音功率谱基本相同。这表明：这两种不同类型检测方式对肺音的影响主要体现在高频端，即 300—2000Hz 的频带内。

3. 电容传声器与皮肤的不同耦合方式

电容传声器直接测量比加空气耦合腔电容传声器灵敏度低，检测的信号声压级低 15dB 左右；另外，直接测量易引入干扰。因此，在国内、外，在检测肺音中，常采用空气耦合腔电容传声器检测信号，而组成腔的材料（有机玻璃、铝、橡胶等）则对检测信号基本上没有影响。

耦合腔开孔使探头检测的肺音信号振幅不受人皮肤压力变化的影响^[4]。但是，我们对耦合腔开孔与未开孔对探头的频响的影响进行了实测比较，发现，对于同一个传声器，采用耦合腔开孔比封闭腔的灵敏度低、抗干扰能力差，而且，耦合腔开孔会改变探头的频响。图 5 为耦合腔开孔与未开孔探头的频响曲线。

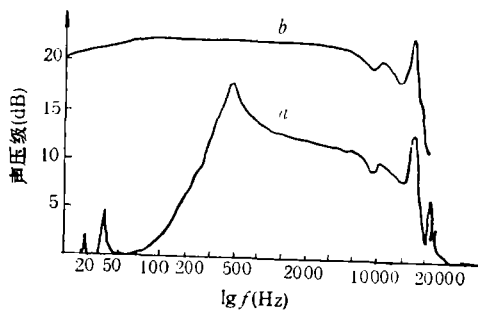


图 5 耦合腔开孔与未开孔探头的频响曲线。
(a) 开孔，(b) 未开孔。

可以看出：在 80—2000 Hz 频带内，耦合腔未开孔探头的频响平直，而耦合腔开孔使探头的频响在 470Hz 附近出现了较大峰，因此，两者频响有很大差异。对称地开两孔时探头的频响也不平坦，在 650Hz 附近出现较大峰，实测频响曲线如图 6 所示。

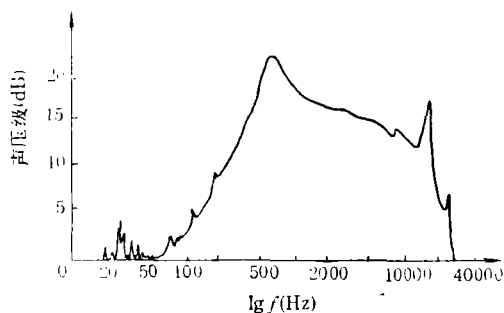
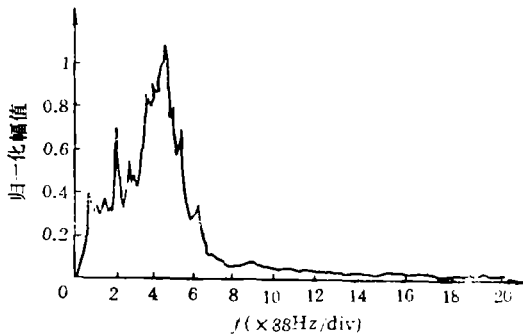


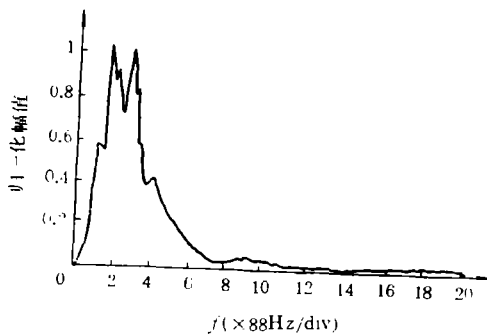
图 6 耦合腔对称地开二孔探头的频响曲线

对于同一个人，分别采用耦合腔开孔与未开孔探头检测的气管音平均功率谱如图 7 所示。

图 7(a) 中在 450—490Hz 频带内，出现峰，在 161Hz，263Hz 频率点附近，功率谱振幅出现峰，但其幅值比较小。相反在图 (b) 中



(a)



(b)

图7 耦合腔开孔(a)与未开孔(b)探头检测的气管音的平均功率谱。(a)耦合腔开孔,(b)未开孔。

仅在161Hz, 263Hz附近出现较大峰,在280—2000 Hz频带内,功率谱振幅随频率增大而衰减。可以看出,图(a)中在450—490Hz频带内出现的峰是由于开孔空气耦合腔电容传声器构成探头的频响所致,并不是气管音固有的谱特征。

四、讨论与结论

检测肺音用传感器的研究是肺音学研究的一个重要课题。由于肺音信号的特殊性,对传感器有特殊的要求,例如由于肺音信号比较微弱,通常要求传感器灵敏度高;又如因肺音中的副杂音仅从发生部位某一局部范围内可检测到,因此要求小型、轻量化的传感器;又如肺音的动态范围较宽,要适用于临床,就需用大动态范围、高精度、高稳定性的传感器。总之,检测肺音需用高灵敏度、小型轻量的、高精度、高稳

应用声学

定性的易于使用的传感器,特别是要求易与人体皮肤表面接触,又对人体表面振动影响较小。

肺音频率范围一般在50—3000 Hz,在这一频带内,加合适尺寸的空气耦合腔后,声场型与声压型电容传声器构成的探头都具有平坦的频响,这表明:声场型电容传声器配制空气耦合腔后也可用于检测肺音。

空气耦合腔电容传声器性能优于不加腔电容传声器,但是,空气耦合电容传声器频响不同于电容传声器的频响。因此,需合理地设计空气腔,尽量使空气腔的谐振频率大于3kHz^[9]。

耦合腔开孔使探头频响发生改变,因此,这种检测方式不适于检测肺音。我们试从理论上分析一下探头频响改变的原因。开孔腔可相当一赫姆霍兹共鸣器,应用赫姆霍兹共鸣理论^[8],对于图8所示的腔体,开一孔与开两孔时腔的共振频率为:

$$f_1 = (ac/2)/\sqrt{\pi(V_0 + V_1 + V_2)(l_0 + 1.7a)} \quad (1)$$

$$f_2 = ac/\sqrt{2\pi(V_0 + V_1 + V_2)(l_0 + 1.7a)} \quad (2)$$

(1),(2)式中: $V_0 = \pi R^2 L$, V_1 , V_2 分别为测量中发射接收传声器的等效体积。取 $V_1 = 0.68 \text{ cm}^3$, $V_2 = 1.333 \text{ cm}^3$, c 为声速,取 $c = 344 \text{ m/s}$, 取 $R = 11 \text{ mm}$ (腔的半径), $a = 0.5 \text{ mm}$ (开孔的半径), $l_0 = 2 \text{ mm}$ (壁厚度), $L = 5 \text{ mm}$ (腔的长度)。计算得: $f_1 = 460 \text{ Hz}$, $f_2 = 650 \text{ Hz}$, 理论计算值与实测结果(图5—6)基本相符合,可见,从理论上来看,耦合腔开孔必使探头频响变差。

实验中发现加速度计与空气耦合腔电容传

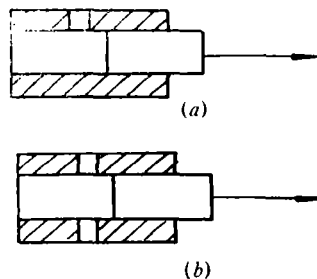


图8 耦合腔开一孔与对称地开两孔探头(示意图)。

声器两种不同方式传感器检测的气管音平均功率谱有很大差异,这种差异产生的原因,除这两类传感器换能方式与接收信号方式等不同之外,可能主要是由于人体皮肤与传感器之间的阻抗匹配与否造成的,这有待于进一步研究。

理论上,肺音信号谱特征是信号所固有的基本特性,无论采用何种换能方式或检测方法都应忠实地检测出信号,反映肺音的本质,即各种检测方法所得的肺音信号应基本上相同,但是,被测物体与换能元件的接触方式、阻抗匹配与否等等都将影响信号的成份与大小,因此,加速度计与空气耦合腔电容传声器中何种更适用于检测肺音,还有待于进一步研究。

由以上实验结果与分析可以得出下列结论。

1. 空气耦合腔一声场型电容传声器也可用于检测肺音。

2. 耦合腔开孔使探头频响变差,这种方式不适用于检测肺音。

3. 加速度计与电容传声器两种方式检测的气管音功率谱有很大差异。

参 考 文 献

- [1] Gavriely N., et al., *J. Appl. Physiol.*, **50**(1981), 307.
- [2] Gavriely N., et al., 14th International Conference on Lung Sounds 1989, 30—31.
- [3] Druzgalsk K., et al., *Journal of Clinical Engineering*, **5** (1980), 321—330.
- [4] Charbonneau G., et al., *J. Appl. Physiol.*, **55** (1983), 1120—1127.
- [5] 闵一建,徐泾平,张伊立等,应用声学, **12**—1(1993)
- [6] Xu Jingping., et al., 14th International Conference on Lung Sounds 1989, 20—21.
- [7] 倪乃琛,沈保罗,噪声和电声测试技术,同济大学出版社,1989年,49—101.
- [8] 杜功焕,朱哲民,龚秀芬,声学基础(下册),上海科学技术出版社,1991,18—23.

空气耦合式肺音测量传感器的研究

闵一建 徐泾平 张伊立 张明铎 臧晓非 张军平

(陕西师范大学应用声学研究所 西安 710062)

1991年8月7日收到

本文介绍了为解决检测微弱的肺音信号而研究的空气耦合式肺音测量传感器。重点介绍声耦合方式的分析,声耦合腔的计算,以及该传感器的声参数测量,实测对比试验。根据实验结果认为该传感器具有频响宽、灵敏度高等特点,基本满足肺音检测的要求。

一、引 言

肺音传感器是肺音检测的关键部分之一,其性能直接影响拾取的肺音信息。肺音是一种很微弱的生理声信号,在拾取时会受到心音、脉搏声、皮肤摩擦声、肌肉颤动、环境噪声等的干扰,而且会因声耦合方式的不同影响拾取的肺音信号的大小。这些因素都增加了肺音检测难度,同时对传感器提出较高的技术要求。^[1-2]为

此,我们研究了适用于肺音检测的传感器,以解决拾取肺音的困难。

二、声耦合方式的分析

肺音是产生于肺脏和气管内,经肺泡、气管、胸壁等组织传导至体表的生理声信号,因而肺音不仅反映肺音音源的特性,而且还反映肺组织、气管及胸壁等传播介质的声学特性。

从肺音音源传播到体表的肺音信号能量很