

有源消声器近年来的进展

沙家正

(南京大学声学研究所)

近年来有源消声器得到很大的发展,下面就目前国内外在这一领域中的研究工作,作一简略的介绍。

一、管道有源消声器

1. 管道有源消声器国内外进展

通风管道中噪声的抑制,以往主要采用阻性和抗性消声器的方法。阻性消声器对吸收中高频噪声比较有效,但对吸收低频段噪声的效果就差。抗性消声器可用于低频段噪声的消声,但随着频率的降低,波长的增大,消声器的线度变的很大,价格随之增加,还需占用很大的空间。此外,阻性和抗性消声器或多或少会引起风管中的压力损失,会减低风速和风量。而管道有源消声器则刚好在低频段具有独特的优越性,它不占有管道空间,而且还能取得较好的消声效果,又不改变气流的情况。要实现良好的消声,需解决下面三个技术难点:(1)所采用传声器、次级声源,放大器的振幅和相位的频率响应至少在所需工作频段内要求平直。(2)所设计移相器要与频率成线性变化;(3)要克服次级声源产生的声反馈。

十多年来,为了解决上述问题,国内外都发表了不少文章。70年代,英国剑桥大学的Swinbank^[1]根据管道中声场特性,从理论上证明了装在管道壁面上的两个环状声源的组合,可以在管道中辐射出单指向性平面声源,为管道有源消声问题建立了理论基础。根据他的理论模型,J.H. Poole等人进行了验证性的实验^[2]采用三极子声源进行实验也取得较好的消声效果。1980年Berengier等人^[4]从管道中声源的自作用和

互作用幅射阻抗的角度,对管道有源消声器的能量流向问题作了理论计算和分析,证明了在满足一定的条件下,次级源具有负的幅射阻。在80年代,英国伦敦大学的Leventhal等人提出了几种比较简单的有源消声器^[5-7],但尚存在一些问题有待解决,特别是声反馈问题。

在国内,南京大学声学研究所的沙家正等同志,自1979年开始,在拓宽管道有源消声器的频带和改进次级声源系统,以及把微机应用于有源消声中都做大量的工作,并首先从实验上对管道有源消声器的消声机理作了比较全面系统的探讨^[8-12]。

另外,由于数字技术的日益发展及渗透,加速了数字技术在有源消声问题上的应用。Ross等人对次级源系统的数字滤波器和自适应滤波器进行了研究^[13-14],并应用于有源消声器取得了初步的效果。

2. 把微机应用于管道有源消声^[12]

有源消声对于幅度及相位的要求很高,一般用固定参数的办法不容易做到在任何时候都满足幅度及相位的最佳消声条件。噪声源及其他外部参数的变化,要求次级源也要作相应的变化。把微机技术引进有源消声中,使它对消声情况进行自动跟踪,以保持最佳的消声效果,这样的消声系统是一个自适应的有源消声系统。

以往的有源消声系统(见图1),不包括图中虚线所示部分,它通过选择适当的延迟时间及振幅补偿和相位调节,便可在下游辐射

一个和原来噪声等幅反相的“反噪声”达到消声的目的。然而，系统的参数一旦固定下来以后，对于噪声源及外界条件的变化便不能进行跟踪，这样外界条件的变化就会造成消声效果的下降。为了使次级声源能够跟随外界条件的变化，我们把微机自动控制技术引入消声系统，见图1中的虚线框图，使它能自动调节系统的参数，保持最佳的消声效果。从图1中可知，增加的虚线部分包括在下游的一个检测传声器、微机控制系统，可控放

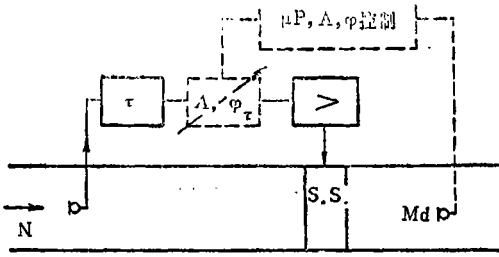


图1 微机有源消声系统简图

大及延时电路，下游传声器用于检测剩余噪声，经过放大检波后送给微机处理，微机根据剩余噪声情况，给出系统参数的调节方法，改变次声源的辐射状况，使传声器Md的输出为最小，即下游的噪声声压降到最低。

二、空间有源消声器

近十年来，空间有源消声器在实验上的进展是相当缓慢的，已进行的工作，大部分是重复与改进五十年代就已做过的消除分立频谱的变压器交流噪声场或降低局部空间噪声的工作。变压器交流声消除的最成功研究是Jessel^[15]对复杂模拟噪声声源声场所进行的实验工作，他用一组心形指向性的次级声源取得了单频噪声场的全空间消声效果。在空间有源消声器的基础实验研究方面，Mangiante 1977年发表的工作结果是比较系统的^[16]。但他对实验条件进行了大量的简化，所得到的实验结果很难与理论结果比较，而且这样简化回避了对空间有源消声

器的某些必要的关键问题的研究。

近年来，南京大学沙家正等同志采用声场衍射理论的方法，从理论上计算了空间有源消声器次级声源的特性^[17]，

$$P_0^{(ss)}(x, y, z) = \frac{A'}{r} e^{-jk(r+r')} [(1 + jkr') + jkr' \cos \theta] \quad (1)$$

式中 $A' = \frac{A}{4\pi r^2} ds'$ ， ds' ，为次级声源的面积， r' 为初级声源与次级声源之间的距离， r 为次级声源到空间任一点的距离。

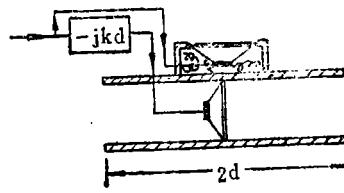


图2 实用的三极子声源

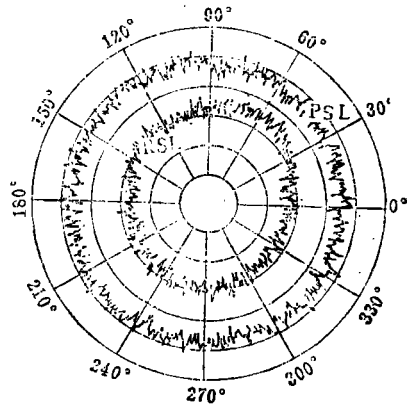


图3 $f_0 = 250\text{HZ}$ 1/3 oct带宽的噪声，PSL未消声，RSL经过消声。

根据公式(1)中括号内的三极子源特性，我们巧妙地设计了一个实用的三极子源^[18]，其结果见图2。用这组次级声源，我们取得了全空间的消声结果。可以说这是目前世界上最好的实验结果。（见图3）

三、有源抗噪声送受话器及耳罩

1. 有源抗噪声送话器

从50年代开始，沿用到现在的抗噪声送话器都是被动式的。这种被动式的送话器有两种类型：一是一阶压差式近讲送话器（气导式）；另一种是骨导式送话器。这两种送话器

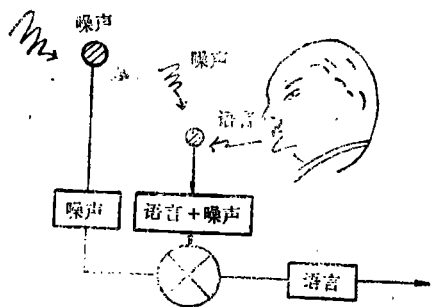


图4 有源抗噪声送话器原理图

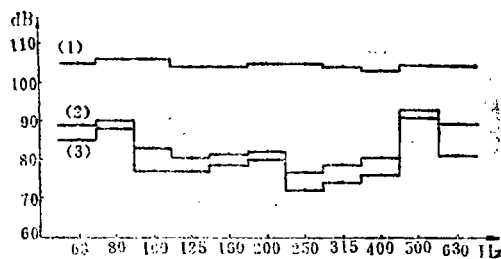


图5 (a) 1/3 oct 噪声源的有源消声

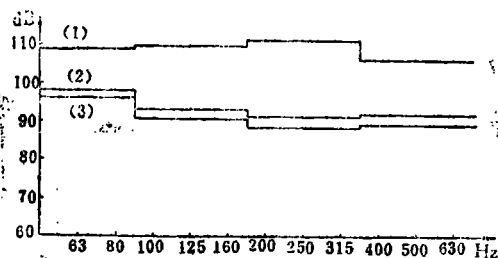


图5 (b) 1 oct 噪声源的有源消声

图5中曲线(1)初始声级

(2)消声后, 线性接收

(3)消声后, 经1/3 oct和1 oct的滤波器接收

声学技术

或多或少都存在某些缺点，前者抗噪声能力有限，后者虽然抗噪能力比前者好，但语言清晰度差。我们采用了有源抗噪声的原理，设计了有源抗噪声送话器，其原理图如图4所示。具体装置的实现，见我们的专利^[19]其抗噪声能见图5。图5中(a)表示噪声源为1/3倍频程带宽的粉红噪声，图中(b)表示噪声源为1倍频程带宽的粉红噪声。

2. 有源抗噪声耳罩及受话器^[20]

为了解决高噪声环境下的人耳防护和进行通讯。国外对护耳装置的研究予以高度的重视，美国、英国、日本、加拿大等国家在耳罩抗噪声方面都作了很多研究工作，但仍存在不少问题。目前世界上各国都在寻找新的耳罩抗噪声办法，其中用噪声来控制噪声是众所瞩目的课题。近年来，英国Essex大学在这方面做了许多工作。该系统的结构如图6所示，其主要关键是波形综合器。由波形综合器检取机器同步信号，它根据同步信号可以发出类似机器噪声的波形，由扬声器发出与原噪声反相的噪声，因而在耳罩内相互抵消。由罩内的剩余噪声检测器反过来控制波形综合器的输出，使剩余噪声的信号为

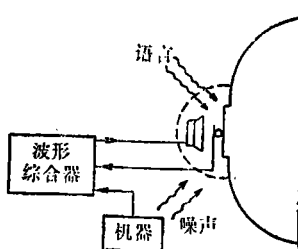


图6 英国Essex大学的有源抗噪声耳罩

最小。这种消声装置只对线状谱噪声源适用不能用于宽带噪声。

南京大学声学研究所电子抗噪声实验室在1985年向国家专利局申请一项“有源抗噪声耳罩及受话器”，在该专利中提出了一项新的发明，它不仅对窄带噪声能消去50dB，并且对1/3oct和1oct的宽带噪声也取得满意的结果(见图7)。

表面声波器件的回顾与展望

水永安

吴文虬

(南京大学声学研究所)

一、引言

表面声波器件自六十年代中期间问世以来,由于它的实用价值,获得了迅猛发展,到七十年代初期就已出现在实际系统中,到七十年代中后期,研究已基本成形。就全世界的产值而言,在1975年约为一千万美元,1985年达一亿美元,据C.S.Hartmann^[1]估计,到1995年将达十亿美元,在此形势下科研工作者要问:“表面声波长否已经只

是开发,试制问题,而不再需要基础研究?”工业界则问:“电视中频滤波器以后的下一个批量产品是什么?”人们都想知道,表面声波器件的前途研究如何,高速规模集成电路会不会取代它。本文试图就这些大家所关心的问题作些探讨。

二、表面声波器件的发展方向 and 阶段

表面声波器件发展的初期阶段具有非常

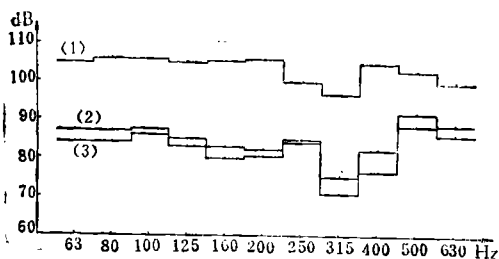


图7a 1/3 oct的噪声有源消声

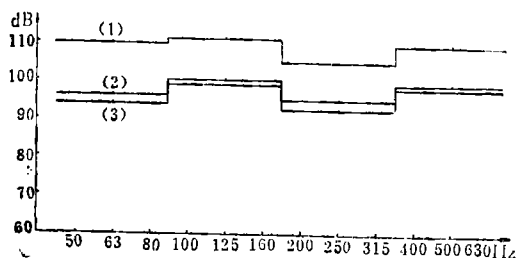


图7b 1 oct的噪声有源消声

参考文献

- [1] Swinbanks, M.A. J.S.V 27(3)P411-436, 1973
- [2] Poole J.H.B et, al J.S.V 68(3) P437-449.

- [3] Canevet G. J.S.V 58(3)P333-345, 1978
- [4] Berengiev, M et al J.S.V 71 (3)P381-398, 1980
- [5] Eghtesadi, K.H, et, al J.A.S.A 71 P608-618 1982
- [6] Eghtesadi K.H, et, al J.S.V 75(1) P723-734, 1981
- [7] Eghtesadi, K.H, et, al Acoustic Letter 5(11) P169-174, 1982
- [8] 沙家正等《声学学报》1981年第3期137—141页
- [9] 沙家正等《声学学报》1983年第2期93—99页
- [10] 沙家正等《应用声学》1984年第3期27—30页
- [11] 沙家正等《声学学报》待出
- [12] 沙正明 沙家正 《应用声学》1987年第3期35—40页
- [13] Roos C.F J.S.V 80(3)P373—380 1982
- [14] Roos C.F J.S.V 80(3) P 381—383, 1982
- [15] Jessel M Acoustic Letter 4(9)P174—179 1981
- [16] Margiante G.A J.A.S.A 61(6) P1516—1523 1977
- [17] 田静, 沙家正 《声学学报》 1987年第1期
- [18] Sha JiaZhang et, al, Proc. 12th ICA1986.7
- [19] 沙家正 专利公报1985公开号GK85103511
- [20] 沙家正 专利公报1985公开号GK85103507