

降低噪声的新手段*

——微穿孔板吸声结构

噪声控制组

(中国科学院物理研究所)

微穿孔板吸声结构是具有良好吸声性能和使用特性的新型吸声结构。在薄金属板、胶木板、塑料板等上面穿上大量的小于一毫米的微孔做成微穿孔板,把这种板固定在硬墙壁前,板后留适当的空腔就形成微穿孔板吸声结构,如图1所示。

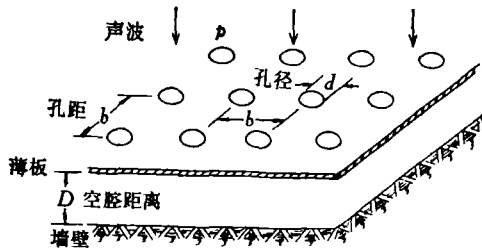


图1 微穿孔板吸声结构

微穿孔板吸声结构的研究工作,是文化大革命中为了解决特殊吸声结构的迫切需要,广大群众夜以继日地完成的,它是科学研究、使用部门和生产单位三结合的产物。当时为了完成在有气流、高温、火焰而有时很潮湿的环境下适用的吸声结构的研究任务,有两种结构可以采用。一种是建筑工程和机械制造中常用的多孔性材料,如毛毡、玻璃棉、矿渣棉等,这种材料有大量孔隙,声波在其中传播时,摩擦损失使声能消耗。它的吸收效率高,可以使用的频率广,但是使用不方便,对人有危险,而且怕风、怕火、怕潮。要克服这些缺点,构造就复杂,成本就要很高。第二种选择是广播电台常用的穿孔板结构,这种穿孔板穿孔比较大(几毫米至几厘米),为了获得良好吸声性能,仍须加多孔性吸声材料,构造也很复杂。能不能打破框框,开辟新路,在穿孔板本身上想办法、解决消声的问题?新的方案提出,把穿孔板的孔减小而孔数加多,不必另加多孔性材料,利用声波传过时,空气在孔内的来回摩擦来消耗声能,而用空腔的大小来控制结构的共振频率。根据理论估计,如果穿孔小于毫米,而孔数达到每平方米几万时,这个方案是可行的。后来经过大量实验证明,这种估计完全正确。在研究试制过程中,先制出了少量样

品,在驻波管内进行实验,以后工人师傅创造了巧妙的加工方法,很快地做出足够的样品,在混响室内进行了大面积测量,从而把微穿孔板吸声结构发展到实用阶段。研究试制任务完成后,又进一步把微穿孔板吸声结构应用到放空和一般排气消声器中,进行实地实验,取得了优异的成果。例如发电厂在过了负载高峰后,要放掉多余的蒸汽,这时噪声非常高,附近都无法工作,在放空口上装了微穿孔板消声器后,放空时几乎没有人知道。大型柴油机在运转时,噪声很高,在附近,对面用力喊话都听不见,在排气管装设微穿孔板消声器后,噪声大为降低,100米外工作即不受影响。实际应用证明,微穿孔板吸声结构,是一种新型的,降低噪声的有效装置。微穿孔板吸声结构的特点是构造简单,吸收特性完全可以预计,不必另行调整;可以在特殊环境下使用;实践证明,微穿孔板的特性受风的影响也较小。

微穿孔板吸声结构的原理,可用它的类比电路来了解,如图2。微穿孔板的声学特性可用两个量来表示,这就是声阻和声质量,分别和电路中的电阻和电感相当,而微穿孔板后的空腔则代表声顺,和电路中的电容相当。声阻代表声波传过时,空气在微穿孔中的摩擦损失,它大致和各微穿孔中空气总体积成正比而和穿孔直径的平方成反比。声质量代表微穿孔中空气的惯性,它大致和各微穿孔中空气总体积成正比,而和孔径无关。声顺则和板后空腔的体积成正比。改变孔径、孔数和后腔深度可以分别控制穿孔板吸声结构的

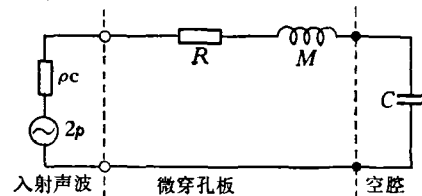


图2 微穿孔板吸声结构的类比电路

* 1973年10月10日收到。

三个参量。就象在类比电路中一样，微穿孔板结构有一共振频率，此时声质量和声顺二者的声抗相等，互相抵消，声波传播完全由声阻控制。而如果穿孔板的声阻与空气中的声阻（在每单位面积内等于空气密度乘以声速）“匹配”（二者相等），投射来的声能就完全为微穿孔板结构吸收，否则只部分地吸收而反射一部分。在共振频率的上下，吸收渐小，形成一个吸收峰。吸收峰的宽窄和声阻与声质量之比有关。在普通穿孔板结构中，声阻与声质量的比值很小（约与孔径平方成反比），只有另加多孔性吸声材料才能使这个比值提高，因而加宽吸收峰。穿孔小到一定程度（实践证明要小于1毫米），声阻与声质量比就大大提高，使微穿孔板吸声结构在很宽的频带中吸收。所以微穿孔板吸声结构的最大特点就是构造简单，它的最大吸收，频率范围都可以设计。它可以在特殊环境中使用。

如果声波向微穿孔板吸声结构入射的方向不只有一个，例如在一个房间里，各种方向都有，每个入射方向的共振吸收频率不同，各个方向的吸收峰就彼此错开，有互相平均的倾向。这时（称为漫入射）就没有很明显的共振峰，在一定频率以上都能吸收，不过吸收较低（平均的结果）。要改进它的特性，可以采用双层串联结构，如图3。用两层微穿孔板，距离不同，可以使总声阻增加，并且使吸收频带大大向低频扩展。它的原理也可以用类比电路来了解。图4为微穿孔板吸声结构的一些测量结果。四种微穿孔板基本都是用0.75毫米厚的铝板制成，各穿以直径0.75毫米的孔，每平方米穿3万个（有一种板稍厚，但孔数也较多）。两个虚线为在驻波管中测得的正入射，吸声系数为1时代表完全吸收。可以看出吸收峰的形状，当后腔距离由8厘米增至24厘米时，还可以看出第一吸收峰后还有第二、第三……吸收峰。两个实线代表混响室内大面积漫入射测量的结果，单层结构的平均作用和双层结构的改进都是非常明显的。在双层结构的测得值中，吸声系数大于1是由于边缘效应的结果，高吸声系数的测量中常有这个现象。

微穿孔板可以用任何薄板制造，我们用过铝板，胶木板，纸板，也可以用钢板，马口铁板，塑料板等，效果

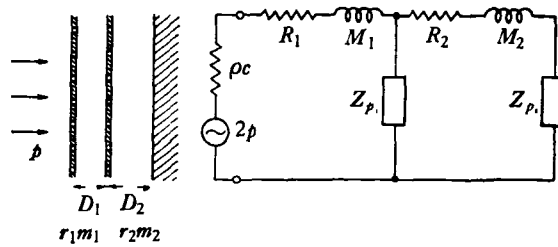


图3 双层串联微穿孔板结构及其类比电路

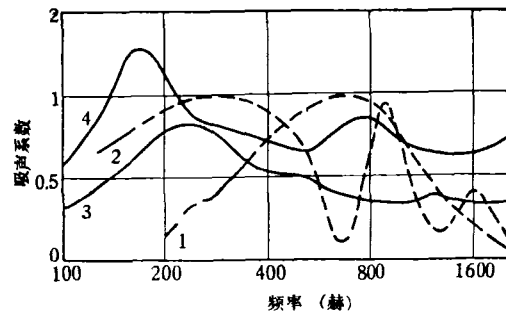


图4 微穿孔板吸声结构的吸声特性(测得值)

1. $d = 0.75, t = 1, b/d = 4.7, D = 0.08;$
2. $d = 0.75, t = 0.5, b/d = 7.7, D = 0.24;$
3. $d = 0.75, t = 0.05, b/d = 7.7, D = 0.20;$
4. $d = 0.75, t = 0.5, b/d = 7.7, D_1 = 0.08, D_2 = 0.16$

都很好。如果用金属板制造，对气流、温度等都有抵抗力，短时间的火焰喷射也没有影响。在放空消声器中使用，证明水蒸汽和凝水都不甚影响它的特性。作为普通使用的吸声结构，非金属材料也可以用，要求整洁、美观等就更没有困难了。微穿孔板的制造也容易，孔径和孔数要求都不严格，只是平均值起作用。孔可用冲压或压挤，不必整齐，压后在一面凸出也不影响吸声性质。事实上，最初实验用的大面积铝板样品是用缝鞋机加上钢针头穿孔的，纸板的孔是用针刺的，消声器用钢板上的孔是用铁钉和榔头打出来的，当然也有用钻床钻的或冲床冲的。这些由工人师傅和技术人员创造出来的好方法对微穿孔板的发展和使用时都起了很大作用，以后还会有更多的创造。

液面法声全息成象*

检测超声组

(中国科学院物理研究所)

声全息成象是继光全息照相之后发展起来的一种全息技术(关于全息照相的原理,请参考本刊第三卷第一期王永昭《全息照相》一文)。声波具有能够在不透

光的物质中传播的特性,利用声全息成象便有可能得

* 1974年4月24日收到。