

窗隔声性能的试验研究

龚农斌 陈士杰 王吉荣

(同济大学声学研究所)

1 引言

窗隔声性能的好坏,直接影响到处于交通干线旁、商业繁华区和厂群混合区等建筑物用户的正常工作、生活和休息。

对那些位于高环境噪声区域的建筑物,大面积采光窗往往是透声最薄弱的环节。改善和加强窗的隔声性能,是保证建筑物内声学环境的唯一途径。需要指出的是,那些规划和建筑在高环境噪声区域内的大型建筑物能从设计阶段就加以考虑到采光窗的隔声问题,其在环境效益和经济效益上都将获得事半功倍的效果。

鉴于市场上的成型窗产品是一个复合结构体(例如窗框材料、玻璃厚度、橡胶嵌条及密封方式等),目前理论上还较难准确定量计算成型窗的隔声量,最可靠的依据只能是通过试验和测试。

为此,结合实际工程的改造,对市场几种典型的窗产品在实验室进行了对比试验测试,以便为工程设计和改造提供可靠实用的数据和资料。

2 试验项目与结果分析

试验样窗为 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$,与实际产品窗的面积基本一致。试验样窗为平移推拉窗。窗隔声性能的试验与测试按国标《GB75-84 建筑隔声测量规范》在同济大学标准隔声实验室内进行。其测试项目和测试结果分列如下:

2.1 窗框材料对窗隔声性能的影响

在窗玻璃厚度和嵌条密封方式相同的条件下,需要了解的是窗框材料的不同对窗隔声性能的影响。为此,试验样窗选择了使用较广泛的塑钢窗(No. 1)和铝合金窗(No. 2),玻璃厚度采用 5mm 。且为同家厂商的产品进行了隔声性能的测试。实测结果见表 1。

从实测数据可以看出, 1kHz 以下频率的隔声量二者基本接近, 1kHz 以上频率的隔声量却出现了较大的差异。由隔声理论定性分析可知,在窗玻璃厚度相同,低、中频隔声量接近,说明窗的密封程度基本上保证了一致,即由缝隙产生的低、中频漏声处在同一水平上。中、高

表 1 不同窗框材料的隔声性能

频率 试件	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	R	Rw
No. 1	17.3	17.1	17.3	20.2	19.4	18.8	17.8	18.8	19.3	18.1	16.5	11.5	12.9	13.0	14.0	18.6	21.6	17.3	16.0
No. 2	16.9	18.7	17.0	20.2	19.2	18.8	18.0	17.9	18.5	19.6	20.1	18.0	17.4	18.2	19.7	21.7	22.9	19.0	19.0

注:R——平均隔声量, Rw——计权隔声量(下同)

表 2 不同玻璃厚度的隔声性能

频率 试件	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	R	Rw
No. 1	15.5	16.2	14.2	18.1	18.1	17.4	16.8	18.2	17.5	16.1	14.8	11.9	13.9	17.0	16.2	18.7	19.2	16.5	16.0
No. 2	16.9	17.7	17.0	21.2	19.4	19.2	17.9	19.4	19.2	19.4	20.0	18.6	18.3	17.2	16.9	21.1	22.1	19.0	19.0
No. 3	17.2	21.5	21.6	22.3	23.2	23.0	22.3	22.9	22.2	24.3	20.8	20.3	20.8	19.0	19.8	21.8	23.9	21.6	22.0

频隔声量上的差异,其症结出在窗框的隔声性能上。要进一步提高塑钢窗的隔声量,改进窗框的结构形式和增加窗框材料的厚度是有效的方法。

2.2 玻璃厚度对窗隔声性能的影响

同样,在保持窗框材料和嵌条密封方式相同的前提下,了解窗玻璃厚度变化对窗隔声性能的影响,将是一个具有实用价值的结果。

该项试验选择了3种常用玻璃厚度(No. 1 = 4mm, No. 2 = 5mm, No. 3 = 6mm)的铝合金窗作为试验样窗,其在隔声室实测结果见表2。

由实测结果看出,当窗在相同窗框材料和嵌条密封方式的前提下,改变玻璃厚度对计权隔声量 R_w 影响具有规律性的变化,即玻璃厚度每增加1mm,窗的计权隔声量 R_w 提高3dB。这个试验结果似乎突破了隔声理论中的质量定律——材料厚度加倍时隔声量提高6dB。要定量地分析出现这种现象的原因比较

困难,因为所涉及的因素比较复杂,但其中最主要的原因,是试验窗本身是一个集金属框架、橡胶密封嵌条和采光玻璃的复合体,而不是单一玻璃厚度变化的因素。

2.3 复合层玻璃对窗隔声性能的影响

实用中,对提高单层的玻璃窗的隔声量,往往采用复合层玻璃来替代单纯增加玻璃厚度达到提高隔声量的做法。采用复合层玻璃的显著优点是在获得同样隔声量的前提下,可比采用单纯增加玻璃厚度的做法使得窗扇的重量大为减轻。

试验样窗采用了3种复合层玻璃,试件1: 5mm玻璃+6mm空气层+5mm玻璃;试件2: 5mm玻璃+9mm空气层+5mm玻璃;试件3: 8mm玻璃+14mm空气层+8mm玻璃。复合层玻璃都是专业厂商特制的,在同为铝合金窗框和橡胶密封嵌条的前提下,其在隔声室实测结果见表3。

表3 不同复合层玻璃的隔声性能

频率 试件	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	R	R_w
No. 1	26.2	26.2	24.4	33.5	30.5	27.4	28.5	27.2	27.1	26.3	24.7	23.4	22.9	25.1	24.9	26.6	27.6	26.6	26.0
No. 2	25.2	29.0	24.2	26.7	24.0	18.6	26.6	27.0	28.2	29.7	30.1	30.8	34.2	33.7	32.1	33.3	35.5	28.8	30.5
No. 3	25.5	22.7	29.7	30.3	27.4	30.5	31.3	32.0	32.2	30.9	31.8	33.5	34.5	37.4	39.9	42.7	46.0	32.0	34.5

由于复合层玻璃的两层玻璃间空气层耦合,试件的1/3倍频程隔声量曲线有较明显低谷点,随着空气层的增加,低谷点向低频段移动。例如试件1的低谷点出现在1.25~1.6kHz,试件2的两层玻璃间空气层由6mm增至9mm后,其低谷点移至250~315Hz频段,试件3是在两层玻璃间空气层增至14mm后,低谷点移至125Hz频段,这说明两层玻璃通过空气层的耦合,其共振效应有较明显的反映,而吻合效应在测试频段基本没有影响。

从计权隔声量 R_w 对比分析,试件2比试件1的空气层厚度仅增加3mm,其计权隔声量增加4.5dB,而试件3比试件2两层玻璃厚度各增加3mm,空气层增加5mm,其计权隔声量仅提高4dB。该项试验得出一个很有实用意义

的结果,即复合层单层玻璃的厚度宜控制在4~6mm;空气层厚度约在10mm左右,这两个实用参数的确立主要考虑到二方面的因素综合平衡;一是窗的制作,安装和使用方便,其中还考虑到窗的实际造价因素;二是窗框的隔声量和橡胶嵌条密封处的透声量实际上限制了进一步大幅度提高复合层玻璃窗的隔声量。

2.4 双窗及双窗间隔四周吸声处理时的隔声性能

在工程项目改造中,为达到显著改善建筑物内的声学环境而又不致大规模重新返工和重复投资。实际做法是在原窗的内侧再加一扇窗,形成双窗结构。如果开始就考虑到窗的隔声问题,在建筑物设计时便采用双窗结构进行隔声,其优点是避免了重复施工的弊病。从隔声理论定性分

析,假使两扇窗间隔距离足够大,双窗隔声量为两扇单窗隔声量的代数之和。以6mm厚玻璃铝合金窗为例,双窗隔声量就可达40dB以上,隔声效果非常可观。实际上,双窗的间距受到建筑物外墙厚度的限制,其可供采用的间距一般为10cm左右,因而空气层对双窗的耦合作用会使

双窗的实际隔声量有所下降。为了尽量减少空气层耦合对双窗隔声量的影响,在双窗间隔四周了一圈加置吸声材料,可使双窗隔声量有所提高。试验中,在双层间隔10cm,玻璃厚度均为5mm的铝合金双窗(No. 1)及在间隔四周铺设5cm厚聚氨酯泡沫塑料(No. 2)时的测试结果见表4。

表4 双窗及双窗间隔加置吸声处理的隔声量

试件 \ 频率	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	R	Rw
No. 1	22.0	28.3	27.5	30.4	32.6	38.1	38.2	38.9	39.2	36.6	36.0	29.7	28.9	29.7	31.0	35.7	40.9	33.2	33.0
No. 2	23.0	27.3	27.9	31.9	34.6	38.6	40.9	41.4	40.7	39.1	38.0	32.7	31.4	32.2	36.0	40.7	46.7	35.5	36.0

从实测结果看,双窗间隔10cm的计权隔声量为33dB,与双窗的代数和隔声量相差5dB。但在双窗间隔作吸声处理后,其隔声量达36dB,基本接近双窗代数和隔声量。而且吸声处理后双窗在整个频谱隔声量上均有所提高,尤其是在中高频段提高的幅度较大,这与5cm厚吸声材料的吸声特性具有良好的相符性。

该项目试验结果与复合层玻璃窗试件3的结果相比,在隔声量相近的前提下,双窗的工程造价仅为复合层玻璃窗的50%。例如复合层玻璃窗(试件3)的市价约为1400元/m²,而双窗的市价约为700元/m²,二者的投资效益差异颇大。

3 结 语

为了在建筑物内获得一个理想的声学环境

质量,尤其是一些特殊的建筑物,例如宾馆、学校、医院、高级公寓和写字楼等,其室内需有一定的噪声指标,因而要求建筑物在设计阶段就要依据环境噪声预评价数据,来选择合适的窗型,以避免建筑物使用期间因噪声矛盾产生的重新返工和重复投资。

采光窗生产厂家根据市场要求,已开始关注和重视采光窗的隔声性能,主要体现在二方面:一是开始在产品样本上增加窗的隔声性能数据,并提供隔声性能不同的窗型供用户选择;二是接受用户提出的特殊窗型定制要求,例如复合层玻璃窗和真空夹芯玻璃窗等,这些特殊窗型的隔声量已可以做到几乎接近建筑物外墙的隔声量。

本文的实验结果和分析结论可为采光窗的隔声设计和选用提供实用性借鉴。

(上接第17页)

的附加质量;

(4)利用浮筏的“混抵效应”,可以提高系统的隔振效果。

当然,本文中的浮筏系统还是一个比较粗糙的模型,有待进一步地改进。尽管如此,它还是从计算机实验的角度,初步验证了浮筏系统的三种效应,为我们进一步研究浮筏隔振系统提供了佐证,这正是本文意义所在。

参 考 文 献

- [1] 吴崇健,杜坤等.浮筏隔振系统的设计方法.舰船工程研究,1996年第3期
- [2] 吴崇健.浮筏隔振与双层隔振比较研究综述.舰船工程研究,1998年第1期
- [3] 薛定宇.控制系统计算机辅助设计.清华大学出版社,1997年5月
- [4] Boris G. Korenev and Lenoid M. Reznikov. Dynamic vibration absorbers theory and technical application, John Wiley & Sons Ltd, 1993.
- [5] C. J. Wu and R. G. White. Vibrational power transmission in a finite multi-supported beam, Journal of Sound and vibration(1995),99-114.