

SH 型轻质高效装饰隔声门的研制与应用

张明发 马 骅 (上海申华声学装备有限公司 · 200070)

吕玉恒 (中国船舶工业总公司第九设计研究院 上海 · 200063)

章奎生 (华东建筑设计研究院 上海 · 200002)

本文介绍具有隔声、防火、装饰等性能的 SH 型隔声门,面质量为 $48\text{kg}/\text{m}^2$,隔声指数为 42dB ,安装于上海广播大楼录音室,隔声量(内外声级差)为 45dB ,具有国内领先水平,达到国际先进水平,已通过鉴定。

关键词: 隔声门 隔声量

1 前言

隔声门是建筑声学和噪声控制工程中必不可少的构件之一。国内已生产安装了不少各种类型的隔声门,也从国外进口了一些隔声门,但均不甚理想。根据国家标准《建筑用门空气声隔声性能分级及检测方法》规定,按计权隔声量 R_w (相当于空气声隔声指数 I_a)的不同,将门分为 I ~ VI 6 个等级,其中 I 级 $R_w \geq 45\text{dB}$, II 级 $45 > R_w \geq 40\text{dB}$ 。

为满足电台、电视台、剧场、影院、宾馆会议室等厅堂音质工程的需要和高隔声量噪声控制工程的需要(一般为 I、II 级隔声门),上海申华声学装备有限公司(原上海红旗机筛厂)在声学专家们的指导下,吸取了国内外隔声门的设计经验,研究制造了一种 SH 型轻质高效装饰隔声门,隔声指数 I_a 大于 42dB ,属 II 级隔声门,已通过鉴定,并申请了专利。

2 隔声门隔声性能分析

门的隔声效果取决于门扇的隔声性能和门缝的严密程度。一般单层密实均匀门板的隔声性能主要由它的质量(面密度)、劲度、阻尼所决定,与入射声波的频率也有密切的关系。图 1 给出了单层均质板的隔声特性曲线,按频率不同,分为 3 个区。I 区为劲度和阻尼控制区,II 区为质量控制区,III 区为吻合效应和质量控制延续区。图中 f_0 表示共振频率,

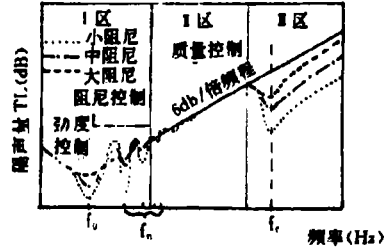


图 1 单层均质板典型隔声频率特性曲线
 f_0 表示谐波频率, f_c 表示吻合临界频率。

在共振频率 f_0 处隔声量最小,共振区的宽度取决于板的材质、形状、板的支撑方式和板体自身阻尼大小,机械阻尼越大对共振振幅抑制越强,隔声效果越好。随着声波频率的提高共振影响消失,进入质量控制区,板材面密度越大受声波激发的振动速度越小隔声量越高,频率越高隔声量也越大,斜率是每倍频程增加 6dB 。在吻合频率 f_c 外隔声量大幅度下陷,其原因是某一频率的入射声波在板上的投影与板的弯曲波吻合,从而激发门板固有振动产生吻合效应而降低了其隔声量,增加板的阻尼性能就可减少隔声量的降低。

对于单层密实均匀无限大墙板,声波垂直入射时隔声量 TL_0 ,可用式(1)进行计算。在工程实践中实际隔声量 TL 的近似值可用式(2)进行计算。

$$TL_0 = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{Wm}{2\rho c} \right)^2 \right] \approx 20 \lg \frac{\pi m f}{\rho c} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

$$TL = 18 \lg(mf) - 44 \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

式中 m 为墙板单位面积质量 kg/m^2 , f 为入射声波频率 (Hz), ρ 为空气密度 (kg/m^3), c 为声波在空气中的传播速度 (m/s)

由式(2)可知, 墙板面密度加倍或频率升高 1 倍, 隔声量约增加 5.4 dB。由于隔声门的面密度不可能做得如墙板那样大, 为了使隔声门的重量设计得较轻, 而又能取得较高的隔声性能, 在隔声设计技术中常采用多层复合轻质隔声结构作为隔声门的基本结构形式。如应用多层不同材质的薄板与阻尼材料及吸声材料交替组合, 以增加门的阻尼和吸声作用, 克服劲度阻尼控制区产生的共振和质量控制区产生的吻合效应, 达到提高隔声门性能的目的。另外, 隔声门的门缝处理也是决定实际隔声性能的关键技术, 因为门扇与门框之间的缝隙和门框与门洞之间的孔洞直接影响门的隔声效果。声音在空气中传播, 遇到结构上的孔洞或缝隙时, 如果声波波长小于孔隙尺寸, 则声能全部透过孔隙传出; 如果声波波长大于孔隙尺寸, 透声量的大小则取决于孔隙的形状和孔洞的深度(即结构的厚度)。一般长形孔隙比同面积的圆形孔透声量多, 薄板孔隙比厚板孔隙透过的声能要多。图 2 表示了孔隙大小对原有隔声结构隔声的影响, 只要知道某一结构门原有的隔声量和孔隙面积的百分数, 从图中可方便地查出开孔后的门的实际隔声量。

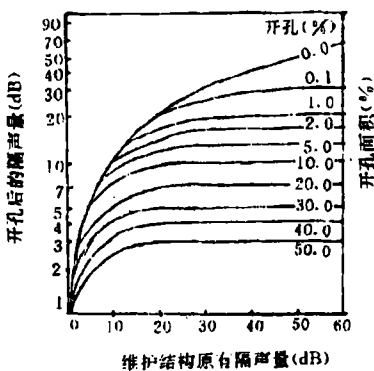


图 2 孔隙大小对原有维护结构隔声性能的影响

由图 2 可知, 即使原有门扇隔声量很高, 声学技术

例如其隔声量为 40、50 dB, 一旦有小面积开孔或有缝隙, 若开孔率为 1% 的话, 整个门的隔声量不会超过 20 dB; 若开孔率为 0.1% 的话, 整个门的隔声量不会超过 30 dB。因此, 必须严格处理门缝和孔隙的漏声问题。

3 SH 型轻质高效装饰隔声门的设计

为实现隔声门的轻质、高效、隔声、防火、防腐蚀、装饰性好、开启方便灵活等多种性能要求, 首先确定设计参数。单扇门, 门宽 \times 高为 1000×2100 (mm), 门扇总厚度不大于 65 mm, 面质量不大于 50 kg/m^2 , 隔声指数 I 大于 40 dB。接着进行结构设计, 门扇采用 13 层材料复合而成, 详见图 3。其中 3 层隔声层, 4 层阻尼层, 两层吸声层, 两层粘结阻层, 两层装饰层。

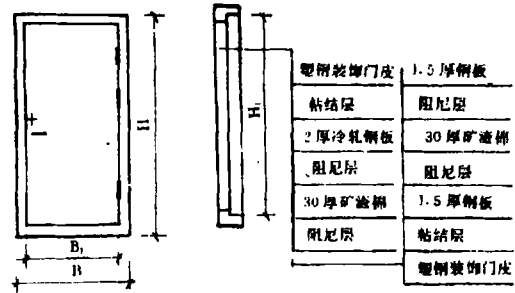


图 3 SH 型隔声门结构示意图

门缝的密封性是保证门的隔声性能的关键, 门缝隔声密封结构有多种形式, 如图 4 所示。SH 型轻质高效装饰隔声门门缝设计为图 4 中的 E 类, 采用“S”型双道嵌入式密封结构, 同时在门扇和门框结构处增加一道辅助性密封措施。密封结构中的空心乳胶海绵密封条是专门设计制造的。

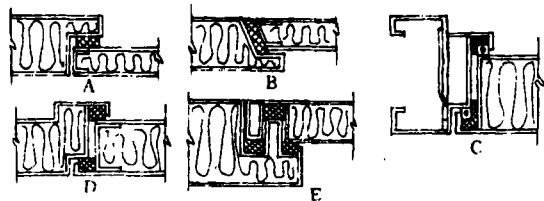


图 4 门缝隔声结构示意图

门铰链为 127mm 不锈钢旗铰, 按受力求, 不等距安装 3 只旗铰。门锁为专门设计的不锈钢船用锁, 舌簧较长, 可加锁, 开启方便灵活, 不需加压。

门的外表装饰, 可按用户要求在内外门表面和门框上粘贴各种花纹各种色泽的革纹或浮雕防火塑钢门皮, 外形平整挺括, 美观大方, 典雅高贵, 富有立体感, 不褪色。门扇和门框上无外露螺钉、铆钉, 显示出卓越的加工制作技术水平。

4 SH 型轻质高效装饰隔声门的效果与应用

在 SH 型轻质高效装饰隔声门研制成功并投入批量生产的过程中, 编制了上海企业标准 Q/YSVH12-1995, 按此标准规定, 在 SH 型隔声门系列产品中抽选 SH-A-I 型轻

质高效装饰隔声门——门宽×高×厚=1000×2100×60(mm), 隔声等级为 I 级。经同济大学声学研究所按国家标准 GBJ75-85《建筑隔声测量规范》要求, 在隔声试验室内测试其隔声性能, 测试结果列于表 1。

在一般情况下, 该门的隔声指数 $I_a = 42\text{dB}$ 。如在门缝处嵌油灰, 则 $I_a = 45\text{dB}$ 。

将单扇 SH-A-I 型轻质高效装饰隔声门安装于新建的上海广播大楼语言录音室和控制室内, 共安装了 4 扇, 并在现场实测其隔声效果。单扇门内外声级差及两道门的隔声效果, 列于表 1。由表 1 可知单扇门的现场隔声量(门外门内声级差)为 46dB(A), 与试验室测试数据基本一致。两道单扇门再加声闸, 总的隔声量达到 75dB(A), 完全满足使用要求, 且开启方便, 受到用户好评。

表 1 SH-A-I 型轻质高效装饰隔声门隔声性能

隔声量(dB)	1/3 倍频程中心频率(Hz)																隔声指数 I_a	隔声量 dB(A)	
	频率																		
工况	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k		
隔声室测试结果 (一般工况)	26	31	34.5	38.6	38.3	37.8	37.7	39	38.5	39.9	42.3	42.3	42.4	43.6	45.1	46.6	48.3	42	
隔声室测试结果 (门缝嵌油灰)	26.9	30.3	32.4	36.7	36.8	38.7	39.6	39.6	39.9	44.2	45.8	48.1	48.6	49.6	54.9	51.7	45		
现场实测隔声门 内外声级差		35			48			53			47			45			45		45
现场实测两道隔 声门加声闸内外 声级差		59			73			79			82			81			81		75

5 结 语

SH-A-I 型轻质高效装饰隔声门轻便灵活, 门扇总厚度 60mm, 单位面积质量 48kg/m², 隔声效率高, 试验室实测隔声指数 $I_a = 42\text{dB}$, 实际使用安装后在现场实测隔声量(门内外声级差)为 46dB(A), 与单位厚度、单位面质量的门相比, 其隔声量最高。经上海市科技成果水平检索证明, 该门接近国际先进水平, 已申请了专利。1995 年 6 月 26 日由上海市二轻局主持, 国家环保局、上海市经

委、市环保局领导以及北京、上海等地声学专家参加, 对该门进行了产品鉴定。鉴定结论认为 SH 型轻质高效装饰隔声门具有隔声、阻尼、防火、防水、防腐蚀等作用, 开关轻便灵活, 外形美观大方, 性能优良, 特别适用于录音室、演播室、测听室、影剧院、宾馆会议室等空气声的隔绝, 也适用于噪声治理工程的隔声。其技术指标和实用效果具有国内领先水平, 达到国际同类产品先进水平, 已具备批量生产能力, 价格仅为同类进口隔声门的一半左右, 深受用户欢迎。