

2#建筑构件隔声性能报告书

综合建筑

工程名称	中车养老设施修建项目
工程地点	成都
建设单位	成都成华棚户区惠民改造建设有限责任公司
设计单位	成都美厦建筑设计有限公司
设计日期	2021年1月25日

采用软件	建筑声环境 SEDU2018
软件版本	20180303
研发单位	北京绿建软件有限公司
正版授权码	P2F8D108F

目 录

1. 建筑概况	3
2. 标准依据	3
3. 评价要求	3
4. 隔声理论概述	3
4.1 空气声隔声	4
4.1.1 质量定律	4
4.1.2 单层匀质密实墙体的空气声隔声	5
4.1.3 多层复合板的隔声性能	6
4.2 撞击声隔声	7
5. 构件空气声隔声量计算过程	8
5.1 计算条件	8
5.2 构件在倍频程下的空气声隔声量	9
5.2.1 墙板各频程下空气声隔声量	9
5.2.2 门窗各频程下空气声隔声量	10
5.3 构件计权隔声量	10
5.3.1 墙板计权隔声量	10
5.3.2 门窗计权隔声量	11
5.4 构件空气声隔声频谱修正量	11
5.5 构件空气声隔声性能	12
6. 相邻房间之间围护结构空气声隔声性能	14
6.1 相邻房间之间组合墙在倍频程下的空气声隔声量	15
6.2 相邻房间之间组合墙的计权标准化声压级差	17
6.3 相邻房间之间组合墙空气声隔声频谱修正量	20
6.4 相邻房间之间空气声隔声性能	20
7. 楼板撞击声隔声性能	22
8. 结论	23

1 建筑概况

表 1.1 项目概况

工程名称	中车养老设施修建项目
建筑面积(m ²)	地上 8380 地下 0
建筑层数	地上 14 地下 0
建筑高度 (m)	地上 52.2
北向角度 (°)	221

2 标准依据

1. 《四川省民用绿色建筑设计施工图阶段审查技术要点（试行）》
2. 《绿色建筑评价技术细则》
3. 《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010
4. 《建筑隔声评价标准》GB/T 50121-2005
5. 《建筑声学设计手册》
6. 《建筑隔声设计—空气声隔声技术》
7. 《声学手册》
8. 《噪声与振动控制工程手册》
9. 《建筑声学设计原理》
10. 《建筑设计资料集》（第二版）第 2 集

3 评价要求

《四川省民用绿色建筑设计施工图阶段审查技术要点（试行）》2020 版第 2.1.11 条、第 3.7.3 条对建筑围护结构隔声性能提出了明确要求。

控制项要求：

2.1.11 主要功能房间的外墙、隔墙、楼板和门窗的隔声性能应能满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中低限要求。

评分项要求：

3.7.3 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分为 10 分，并按下列规则分别评分并累计：

- 1 构件及相邻房间之间的空气声隔声性能达到现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中的低限标准限值和高要求标准限值的平均值，得 3 分；达到高要求标准限值，得 5 分；
- 2 楼板的撞击声隔声性能达到现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中的低限标准限值和高要求标准限值的平均值，得 3 分；达到高要求标准限值，得 5 分。

4 隔声理论概述

声音通过围护结构的传播，按传播规律有两种途径。由此可将声音分为：

- 1) 空气声：声源经过空气向四周传播的噪声，如室外交通噪声。
- 2) 撞击声：两物体相互撞击产生的噪声，通过固体来传播，如楼板上行走的脚步声。

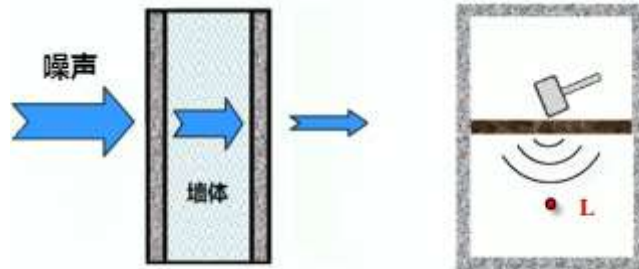


图 4-1 空气声和撞击声

通常将隔声分为两类：空气声隔声和撞击声隔声。墙、板、门、窗和屏障等构件及其组成材料常称为建筑隔声材料，对于入射声波具有较强的反射，使透射声波大大减小，从而起到隔声作用。

4.1 空气声隔声

为了表示材料及构件的空气声隔声性能，常采用隔声量 R 这一指标来体现。

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} \quad (4.1.1-1)$$

式中： τ —为构件的透射系数，透射声能与入射声能之比。

构件的透射系数越大，则隔声量越小，隔声性能越差；反之，透射系数越小，则隔声量越大，隔声性能越好。对于高声阻、刚性、匀质密实的围护结构，通常越密实的材料对应结构的隔声性能越好。

4.1.1 质量定律

1) 理论公式

如果把墙看成是无劲度、无阻尼的柔顺质量、且忽略墙边界条件，则在声波垂直入射时，可从理论上得到墙的隔声量的计算式：

$$R_o = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{\pi m f}{\rho_o c} \right)^2 \right] \quad (4.1.1-2)$$

式中： m ——墙单位面积的质量，或称面密度， kg/m^2

ρ_o ——空气密度， kg/m^3

c ——空气中的声速，一般取 344 m/s

f ——入射声波的频率， Hz

一般情况下， $\pi m f > \rho_o c$ ，即 $\pi m f / \rho_o c > 1$ ，上式便可简化为：

$$R_o = 20 \lg \left(\frac{\pi m f}{\rho_o c} \right) \quad (4.1.1-3)$$

$$= 20 \lg m + 20 \lg f - 43$$

如果声波并非垂直入射，而是无规入射时，则墙的隔声量为：

$$R = R_o - 5 = 20 \lg m + 20 \lg f - 48 \quad (4.1.1-4)$$

上述公式证明，墙的单位面积质量越大，则隔声效果越好，这一规律称为“质量定律”，单位面积质量每增加一倍，隔声量可增加 6 dB。从上式还可以看出，入射声波的频率每增加一倍，隔声量也可以增加 6 dB。下图表示了质量定律直线：

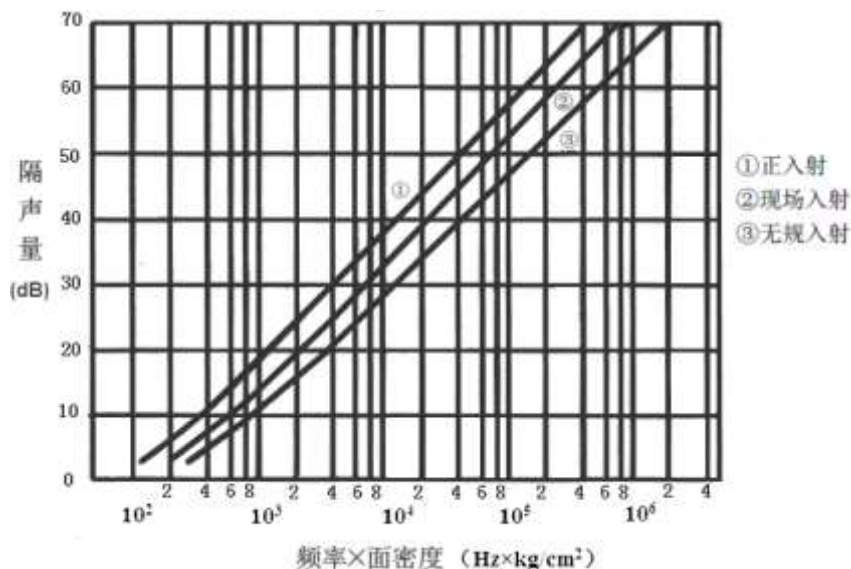


图 4.1.1-1 由质量控制的柔性板的隔声量

由于本式是建立在理论上的许多假定条件下导出的，计算值普遍比实测大，并不符合现场实际情况，所以一般隔声设计中采用经验公式进行隔声量计算。

2) 经验公式

所有经验公式隔声量计算值，普遍小于理论公式计算值，并不同程度地接近现场实际情况，接近实测，所以经验公式比理论公式有实用价值。

经验公式都是加进了实践的因素，即包括实验室测定、现场测定、主观评估、判断等研究成果，它比理论公式接近实际，已不再是完全符合质量定律中的假定条件。但这些经验公式的基本变量还是质量 m ，质量大小控制隔声量，所以这类公式还是以质量定律为基本理论的隔声量经验计算式，是理论上的质量定律向实践的延伸。

4.1.2 单层匀质密实墙体的空气声隔声

单层匀质密实墙的隔声性能和入射声波的频率有关，并取决于墙本身的面密度、劲度、材料的内阻尼，以及墙的边界条件等因素。按照质量定律，一定面密度 m 的构件，其隔声量是随入射声波的频率的提高而提高。但构件的隔声不是在全部声频范围内都按质量定律控制，还受共振和吻合效

应的影响，从而分为三个频率控制区，如图 4.1.2-1 所示：

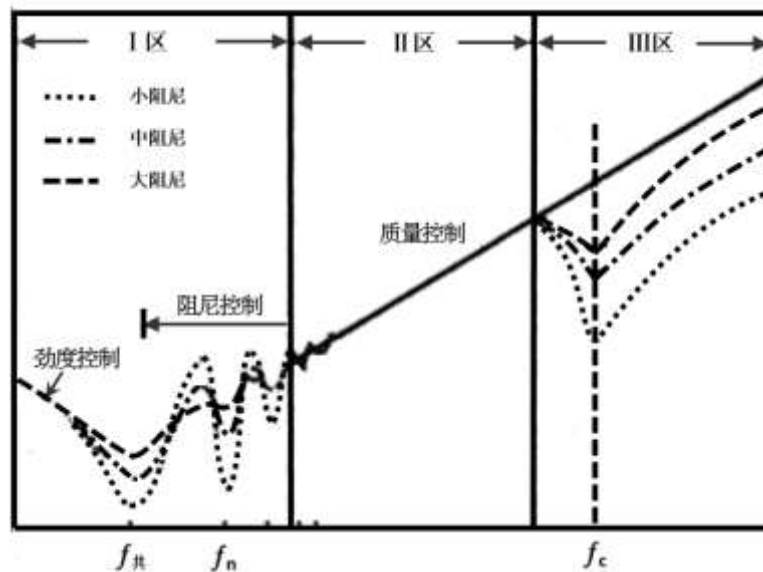


图 4.1.2-1 单层匀质墙典型隔声频率特性曲线

从图上可知，在不同频率时（低频、中频、高频），影响隔声性能的劲度、阻尼、质量控制现象。在很低的频率时，劲度起主要控制作用，隔声量随频率的降低而增大。随着频率的增高，质量效应增大，在某些频率处，可能出现劲度和质量效应相抵消而产生的构件共振现象。

4.1.3 多层复合板的隔声性能

现在的节能建筑一般采取多层复合墙板达到节能保温的效果，这同时也可以增加墙体的隔声性能。多层复合板的隔声设计要点如下：

- (1) 多层复合板一般 3~5 层，在构造合理的条件下，相邻层间的材料尽量做成软硬结合形式。
- (2) 提高薄板的阻尼有助于改善隔声量。如在薄钢板上粘贴超过板厚三倍左右的沥青玻璃纤维或麻丝之类材料，对消弱共振频率和吻合效应有显著作用。
- (3) 多孔材料本身的隔声能力差，但当这些材料和坚实材料组成多层复合板时，在它的表面抹一层不透气的粉刷层或粘一层轻薄的材料时，则可提高它的隔声性能。如 5 mm 厚的木丝板仅有的 18 分贝左右的隔声量，单面粉刷后，隔声量提高到 24 分贝左右，双面粉刷后隔声量可提高到 30 分贝左右。几种隔声结构隔声性能的实测结果如下图所示：

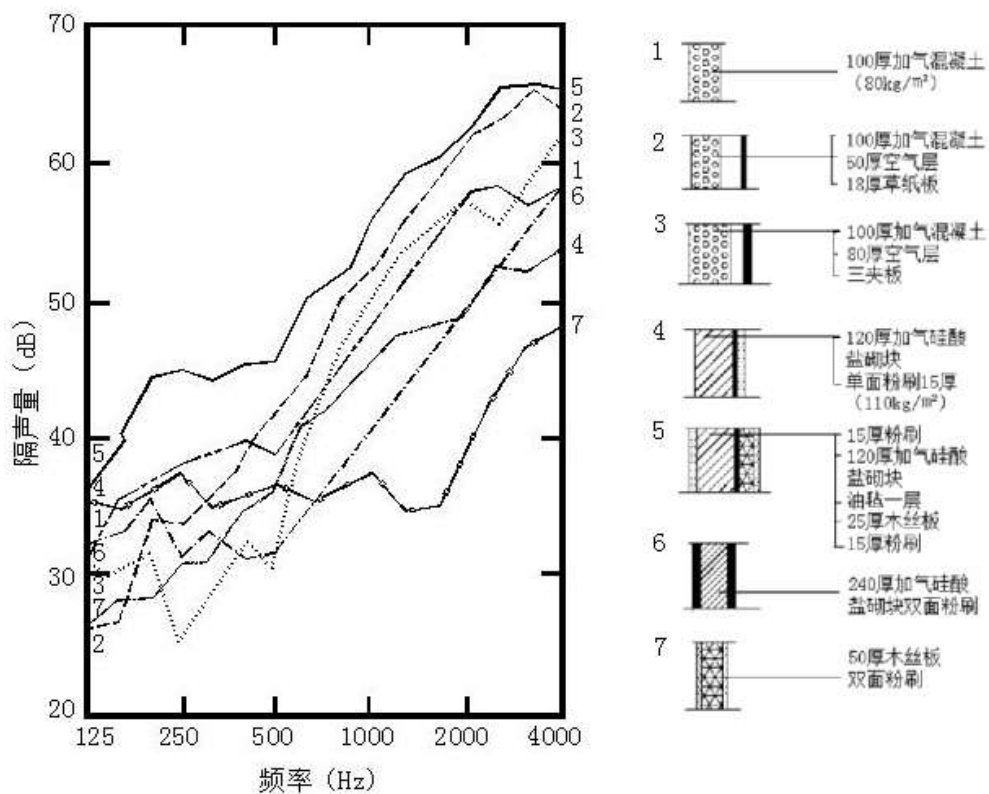


图 4.1.3-1 改善多孔材料的隔声特性实例

4.2 撞击声隔声

楼板要承载各种荷载，按照结构强度的要求，自身必须有一定的厚度和重量。根据隔声的质量定律，楼板必然具有一定的隔绝空气声的能力，但是由于楼板与四周墙体为刚性连接，将使振动能量沿着建筑结构传播。

楼板撞击声的隔声性能可以采用规范化撞击声压级 L_n 来评价，依据《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第6部分：楼板撞击声隔声的实验室测量》GB/T 19889.6-2005 测量得到规范化撞击声压级，用下式表示：

$$L_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \quad (4.2)$$

式中： L_n —规范化撞击声压级，单位 dB；

L_i —接受室内平均撞击声压级，单位 dB；

A —接受室内吸声量，单位 m^2 ；

A_0 —参考吸声量，单位 m^2 。

撞击声的隔声性能测量时，采用国际标准化组织 ISO 140 规定的标准撞击器撞击楼板，楼板下房间测得的声压级越低，则表示楼板撞击声隔声性能越好；反之，则表示楼板撞击声隔声性能越差。

5 构件空气声隔声量计算过程

先计算构件在倍频程下的空气声有效隔声量，再通过公式法计算获取空气声隔声计权单值评价量，进而获得空气声频谱修正量，最终求得构件空气声隔声性能，如下图：

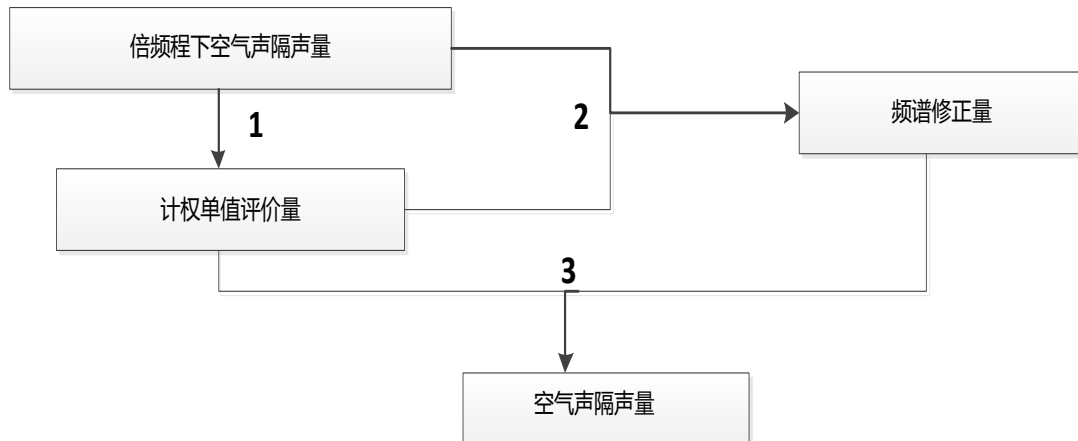


图 5-1 构件空气声隔声量计算过程

根据以上流程，并结合墙板与门窗不同的情况，分别对墙板和门窗进行空气声隔声量的计算，并将每一步的计算结果和最终结果整理在 5.5 节中，而分步计算过程将会在后面小节中阐述。

5.1 计算条件

建筑声学相关标准中对建筑内外围护结构中各类门窗、墙体、楼板、屋顶及地面的隔声性能做出了明确要求。构件隔声性能与构造的材料和做法息息相关，例如，匀质墙体的工程材料和构造做法会影响其面密度，从而决定墙体的隔声性能。

本项目中建筑围护结构详细信息可见下表：

表 5.1-1 建筑围护结构构造与材料清单

构件	材料	厚度 (mm)	密度 (kg/m ³)	面密度 (kg/m ²)	总面密度 (kg/m ²)
外墙	水泥砂浆	20	1800	36	607
	玻璃棉板、毡 ($\rho \geq 40$)	85	40	3	
	水泥砂浆	20	1800	36	
	钢筋混凝土	200	2500	500	
	石灰砂浆	20	1600	32	
隔墙 1	水泥砂浆	20	1800	36	358
	混凝土多孔砖(190 六孔砖)	200	1450	290	
	石灰砂浆	20	1600	32	
隔墙 2	水泥砂浆	20	1800	36	358
	混凝土多孔砖(190 六孔砖)	200	1450	290	
	石灰砂浆	20	1600	32	
屋顶	碎石、卵石混凝土($\rho=2100$)	40	2100	84	492

	SBS 改性沥青防水卷材	3	900	3	
	水泥砂浆	20	1800	36	
	不燃型复合膨胀聚苯乙烯保温板 (颗粒型) ($\rho=150\sim 250$)	95	200	19	
	水泥膨胀珍珠岩 ($\rho=600$)	30	600	18	
	钢筋混凝土	120	2500	300	
	石灰砂浆	20	1600	32	
楼板	水泥砂浆	20	1800	36	368
	钢筋混凝土	120	2500	300	
	石灰砂浆	20	1600	32	
挑空楼板	水泥砂浆	20	1800	36	410
	钢筋混凝土	120	2500	300	
	水泥砂浆	20	1800	36	
	玻璃棉板、毡 ($\rho\geq 40$)	50	40	2	
	水泥砂浆	20	1800	36	
地面	水泥砂浆	20	1800	36	336
	钢筋混凝土	120	2500	300	

SEDU 提供墙板和门窗在各频率下的隔声和吸声参数供选择，如下：

表 5.1-2 建筑声学性能及数据来源

构件声学性能	数据来源
墙板空气声隔声量	《建筑隔声设计-空气声隔声技术》
楼板、地面撞击声隔声量	《建筑声学设计手册》
门窗和墙板吸声系数	《声学手册》、《噪声与振动控制工程手册》、《建筑声学设计原理》、《建筑设计资料集》(第二版)第 2 集

5.2 构件在倍频程下的空气声隔声量

5.2.1 墙板各频程下空气声隔声量

本项目墙板的各频程下空气声隔声量可以通过质量定律计算，或者直接通过构造数据库中给出的构造隔声参数选取合适的空气声隔声量；门窗的空气声隔声量直接参考相关声学资料，可从门窗隔声参数库中选取。

符合质量定律构件的空气声隔声量按下列公式计算：

$$R = 23\lg m + 11\lg f + (-41) \quad (m \geq 200\text{kg/m}^2) \quad (5.2.1-1)$$

$$R = 13\lg m + 11\lg f + (-18) \quad (m \leq 200\text{kg/m}^2)$$

式中：R—构件的空气声隔声量，dB；

m—构件的面密度， kg/m^2 ；

f—入射声波的频率，Hz；

当采用构件质量定律计算时，将构件面密度代入上述构件空气声隔声量计算公式，即可得墙体各频率下空气声隔声量；当从构造数据库中自定义构造隔声量参数时，将直接给出该构件各频率下空气声隔声量信息，列入表 5.5-1 中。

5.2.2 门窗各频段下空气声隔声量

由于门窗隔声特性复杂，不适宜参照匀质墙体进行公式计算各频率下隔声量，本项目参考相关声学资料中相近构造的门窗的空气声隔声量进行计算，详见表 5.5-2。

5.3 构件计权隔声量

5.3.1 墙板计权隔声量

获取在各频率下的隔声量之后，还需进一步求解其计权单值评价量，本项目依据《建筑隔声评价标准》GB/T 50121-2005，采用公式法计算计权单值评价量，以下为计算过程：

现假设隔声量为 X ，且 X_i 为倍频程的隔声量，即对应上述有效隔声量，将上述所得倍频程下空气声有效隔声量代入公式 (5.3.1-1) 中，同时参考表 5.3.1 各频带基准值，先给定一个计权单值评价量的初始值 X_w ，按公式 (5.3.1-1) 进行试算得出不利偏差 P_i ，并判定 P_i 是否满足公式 (5.3.1-2) 小于等于 10 的要求，在满足要求的值中取最大值即为空气声隔声计权单值评价量，本章节计算所得组合墙空气声隔声计权单值评价量结果列于表 5.5-1 中。

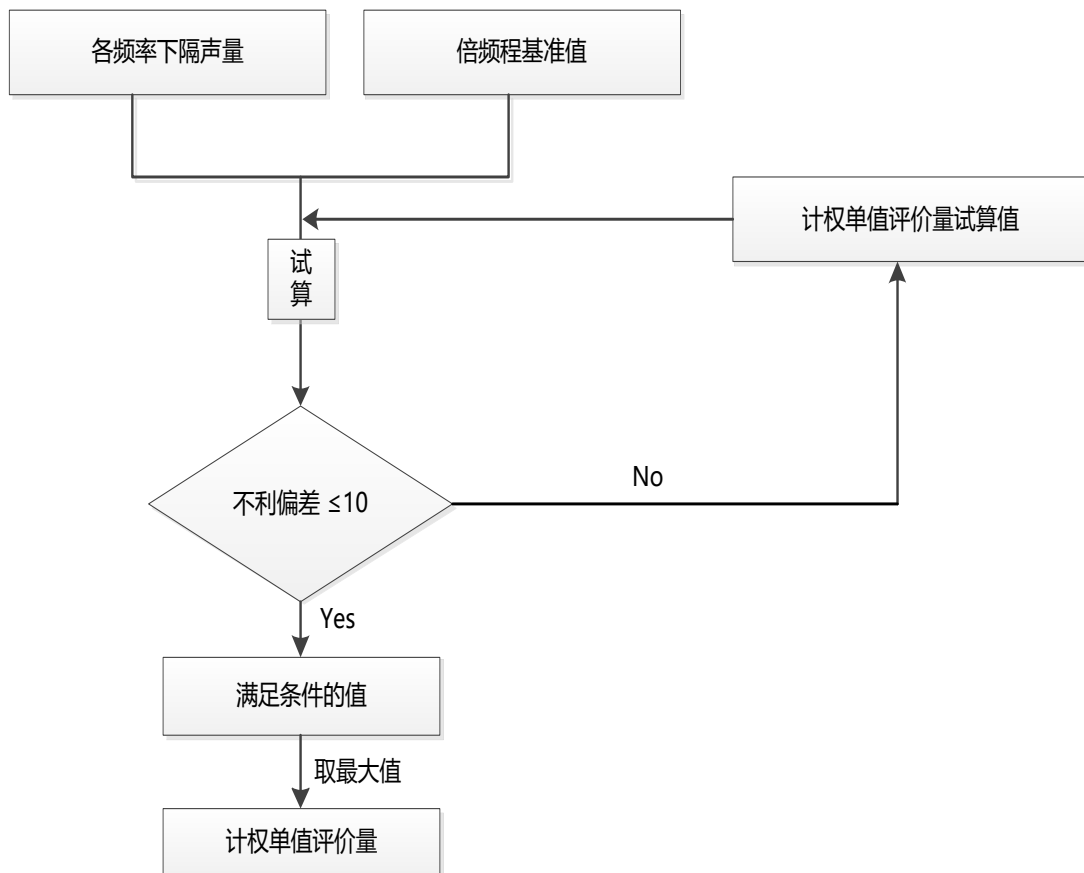


图 5-2 空气声隔声计权单值评价量计算流程

不利偏差 P_i 的计算公式如下：

$$P_i = \begin{cases} X_w + K_i - X_i & X_w + K_i - X_i > 0 \\ 0 & X_w + K_i - X_i \leq 0 \end{cases} \quad (5.3.1-1)$$

式中： X_w — 空气声隔声计权单值评价量；

K_i — 表 5.3.1 中第 i 个频带的基准值；

X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB。

通过上述公式试算所得计权单值评价量 X_w 必须为满足下式的最大值，精确到 1dB

$$\sum_{i=1}^5 P_i \leq 10.0 \quad (5.3.1-2)$$

式中： i —频带的序号， $i=1\sim 5$ ，代表 125~2000Hz 范围内的 5 个中心频率；

表 5.3.1 各频带基准值 单位：dB

频率	125Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
倍频程基准值 K_i	-16	-7	0	3	4

5.3.2 门窗计权隔声量

门窗的计权隔声量计算与墙板计权隔声量（5.3.1 节）计算原理相同，公式法计算计权单值评价量，计算结果列于表 5.5-2 中。

5.4 构件空气声隔声频谱修正量

在得到门或者窗的计权隔声量之后需要对频谱修正量进行计算，频谱修正量是空气声隔声单值评价量的修正值。

频谱修正量 C_j 按下式计算：

$$C_j = -10 \lg \sum 10^{(L_{ij} - X_i)/10} - X_w \quad (5.4.1)$$

式中： j — 频谱序号， $j=1$ 或 2 ，1 为计算 C 的频谱 1，2 为计算 C_{tr} 的频谱 2；

X_w — 空气声隔声计权单值评价量；

i — 100~3150Hz 的 1/3 倍频程或 125~2000Hz 的倍频程序号；

L_{ij} — 第 j 号频谱的第 i 个频带的声压级；

X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB。

频谱修正量在计算时应精确到 0.1dB，得出的结果应修约为整数。根据所用的频谱，其频谱修正量：

— C 用于频谱 1 (A 计权粉红噪声)；

— Ctr 用于频谱 2 (A 计权交通噪声)。

表 5.4 计算频谱修正量的声压级频谱

频率	声压级 L_{ij} (dB)	
	用于计算 C 的频谱 1 (倍频程)	用于计算 Ctr 的频谱 2 (倍频程)
125 Hz	-21	-14
250 Hz	-14	-10
500 Hz	-8	-7
1000 Hz	-5	-4
2000 Hz	-4	-6

根据《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010 中构件空气声隔声量频谱修正的要求, 选择交通噪声频谱修正量或粉红噪声频谱修正量, 将墙板或门窗在倍频程下有效隔声量、计权单值评价量以及上表中各频率/频谱对应声压级代入公式 (5.4.1) 中, 即可得频谱修正量, 计算结果分别列于表 5.5-1 和表 5.5-2 中。

5.5 构件空气声隔声性能

构件的空气声隔声量由单值评价量和频谱修正量的结果体现, 即将前述构件计权隔声量与频谱修正量进行加和之后获得, 数据详见表 5.5-1 和表 5.5-2 中。

表 5.5-1 墙板空气声隔声性能计算详表

单位: dB

构件	计算过程参数					
	医院建筑外墙	构造作法	水泥砂浆 20mm+玻璃棉板、毡 ($\rho \geq 40$) 85mm+水泥砂浆 20mm+钢筋混凝土 200mm+石灰砂浆 20mm			
面密度(kg/m ²)		607				
隔声量来源		根据面密度计算				
倍频程中心频率		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
分频隔声量		46.1	49.4	52.7	56.0	59.3
不利偏差		0.0	0.0	3.3	3.0	0.7
计权隔声量		56				
频谱修正量		-3.0				
隔声性能		53				
限值		低限: ≥ 45 ,高要求: ≥ 50				
结论		满足高要求				
病房与普通房间之间的隔墙	构造作法	水泥砂浆 20mm+混凝土多孔砖(190 六孔砖) 200mm+石灰砂浆 20mm				
	面密度(kg/m ²)	358				
	隔声量来源	根据面密度计算				
	倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1

	不利偏差	0.0	0.0	3.6	3.3	0.9
	计权隔声量	51				
	频谱修正量	-1.0				
	隔声性能	50				
	限值	低限:>45,高要求:>50				
	结论	满足平均要求				
病房之间的隔墙	构造作法	水泥砂浆 20mm+混凝土多孔砖(190 六孔砖) 200mm+石灰砂浆 20mm				
	面密度(kg/m ²)	358				
	隔声量来源	根据面密度计算				
	倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	不利偏差	0.0	0.0	3.6	3.3	0.9
	计权隔声量	51				
	频谱修正量	-1.0				
	隔声性能	50				
	限值	低限:>45,高要求:>50				
	结论	满足平均要求				
病房与普通房间之间的楼板	构造作法	水泥砂浆 20mm+钢筋混凝土 120mm+石灰砂浆 20mm				
	面密度(kg/m ²)	368				
	隔声量来源	根据面密度计算				
	倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	41.1	44.4	47.7	51.0	54.3
	不利偏差	0.0	0.0	3.3	3.0	0.7
	计权隔声量	51				
	频谱修正量	0.0				
	隔声性能	51				
	限值	低限:>45,高要求:>50				
	结论	满足高要求				
病房之间的楼板	构造作法	水泥砂浆 20mm+钢筋混凝土 120mm+石灰砂浆 20mm				
	面密度(kg/m ²)	368				
	隔声量来源	根据面密度计算				
	倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	41.1	44.4	47.7	51.0	54.3
	不利偏差	0.0	0.0	3.3	3.0	0.7
	计权隔声量	51				
	频谱修正量	0.0				
	隔声性能	51				
	限值	低限:>45,高要求:>50				
	结论	满足高要求				

表 5.5-2 门窗空气声隔声性能计算详表

单位: dB

构件	计算过程参数					
	医院建筑中的门	构造名称	内门			
隔声量来源		<<建筑吸声材料与隔声材料>>钟祥璋编著				
倍频程中心频率		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
分频隔声量		31.0	35.0	32.0	42.0	41.0
不利偏差		0.0	0.0	7.0	0.0	2.0
计权隔声量		39				
频谱修正量		-1.0				
隔声性能		38				
限值		低限:≥20				
结论		满足低限要求				
医院建筑外窗		构造名称	6 中透光 Low-E+12 氩气+6 透明-隔热金属窗框			
	隔声量来源					
	倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	22.0	21.0	28.0	36.0	30.0
	不利偏差	0.0	2.0	2.0	0.0	4.0
	计权隔声量	30				
	频谱修正量	-2.0				
	隔声性能	28				
	限值	低限:≥25,高要求:≥30				
	结论	满足平均要求				

6 相邻房间之间围护结构空气声隔声性能

相邻房间之间的围护结构由单一构件或者多种构件组合（下文称为组合墙）而成。不同于单一构件的空气声隔声性能评估，相邻房间之间的空气声隔声性能旨在评估相邻房间噪声的干扰，要综合考虑构件自身空气声隔声性能、受声房间吸声量以及混响时间的影响，最终采用计权标准化声压级差与噪声频谱修正量之和获取空气声隔声性能，并作为评价指标。

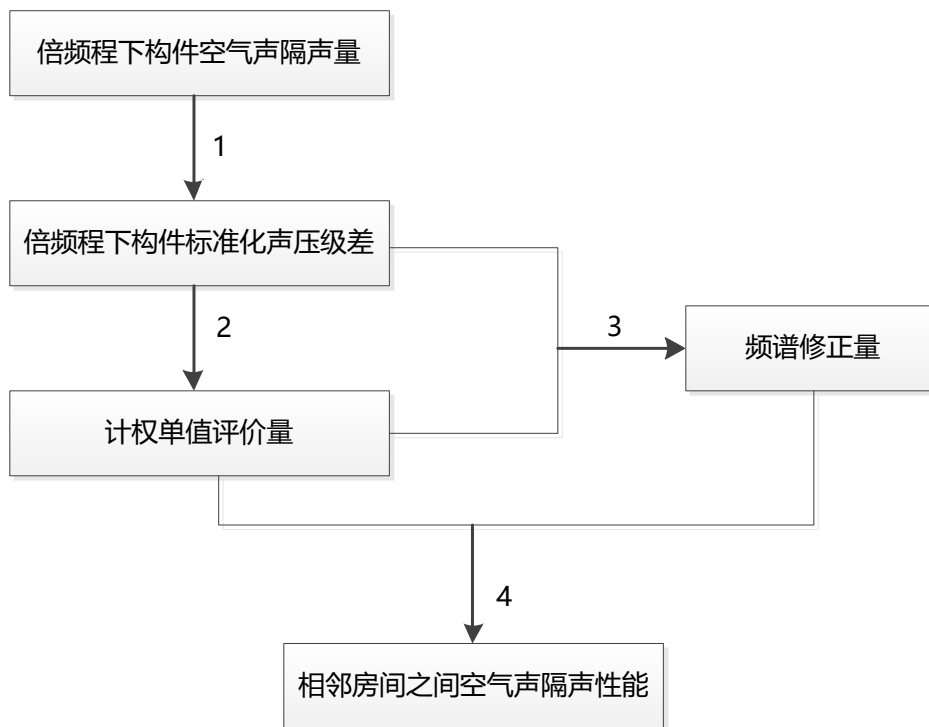


图 6-1 相邻房间组合墙隔声量计算过程

6.1 相邻房间之间组合墙在倍频程下的空气声隔声量

下列公式展示了相邻房间之间组合墙在各中心频率下的空气声隔声量的计算过程，先将第 5 章所得门窗和墙板在倍频程下的空气声隔声量代入式 (6.1.1) 获得单一构件的声透射系数，再将门窗和墙板相关尺寸代入公式 (6.1.2) 中获得组合墙平均透射系数，再结合公式 (6.1.2) 和 (6.1.3) 获得相邻房间之间组合墙在倍频程下的空气声隔声量，结果分列于表 6.1 中。

- (1) 先求得单一构件声透射系数：

$$\tau_{kj} = 10^{-0.1R_{kj}} \quad (6.1.1)$$

- (2) 再求得组合墙平均透射系数：

$$\bar{\tau}_j = \frac{\sum_{k=1}^n \tau_{kj} S_k}{\sum_{k=1}^n S_k} \quad (6.1.2)$$

- (3) 最后通过平均透射系数求得组合墙的实际隔声量，计算结果列于表 6.1 中：

$$R_j = 10 \lg \frac{1}{\bar{\tau}_j} \quad (6.1.3)$$

式中： R_j —多构件围护结构在中心频率为 j 时的空气声隔声量，dB；

$\bar{\tau}_j$ —多构件围护结构在中心频率为 j 时的平均透射系数；

τ_{kj} —隔声构件 k 在中心频率为 j 时的透射系数；

S_k —隔声构件 k 的面积， m^2 ；

R_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的空气声隔声量, dB。

表 6.1 相邻房间之间组合墙在各频率下空气声隔声量 单位: dB

类别	包含房间(编号)	各频率下空气声隔声量				
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
病房与普通 房间之间	3001&3005,3002&3004,3010&3012,3011&3013, ...	36.2	40.0	38.2	46.9	46.9
	3019&3022,4017&4020,5003@5&5007@5,5012 @5&5014@5,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3020&3021,4018&4019,5034@5&5035@5,5034 @6&5035@6,...	36.2	40.0	38.2	46.9	46.9
	3020&3023,4018&4021,5034@5&5037@5,5034 @6&5037@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	4017&4014,5024@5&5033@5,5024@6&5033@ 6,5024@7&5033@7,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	5005@5&5001@5,5005@6&5001@6,5005@7& 5001@7,5005@8&5001@8,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	5003@5&5002@5,5005@5&5006@5,5003@6& 5002@6,5005@6&5006@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3001&3003,3020&3003,4003&4002,4018&4002, ...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3019&3014,3019&3003,4017&4002	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3002&3003,3011&3003,4001&4002,4011&4002, ...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3010&3003,3019&3016,4010&4002,5024@5&5 002@5,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3010&3004,4010&4004,5012@5&5006@5,5012 @6&5006@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3011&3005,4011&4005,5013@5&5007@5,5013 @6&5007@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3010&3014,4010&4014,5024@5&5028@5,5024 @6&5028@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3010&3006,3011&3007,3011&3009,4010&4006, ...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3010&3008,4010&4008	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	3019&3015,5012@5&5010@5,5012@6&5010@ 6,5012@7&5010@7,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
病房之间	3019&3010,4017&4010,5024@5&5020@5,5024 @6&5020@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
	5005@5&5012@5,5005@6&5012@6,5005@7& 5012@7,5005@8&5012@8,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1

5020@5&5024@5,5022@5&5025@5,5020@6&5024@6,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
3001&3011,3002&3010,3010&3019,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
3011&3020,3011&3001,4011&4018,4011&4003,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1
3020&3011,4018&4011,5003@5&5013@5,5034@5&5025@5,...	40.8	44.1	47.4	50.7	54.1

注：包含房间 A&B，其中 A 表示接受噪声房间，B 为与之相邻房间。若某一类别相邻房间中包含多个构造相同房间时，上表只显示部分房间编号。

6.2 相邻房间之间组合墙的计权标准化声压级差

(1) 标准化声压级差

在上述小节求得相邻房间之间组合墙在倍频程下的空气声隔声量之后，要进一步获取房间之间组合墙的标准化声压级差，具体过程如下：

首先，依据《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第 4 部分：房间之间空气声隔声的现场测量》GB/T 19889.4 - 2005 和《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第 14 部分：特殊现场测量导则》GB/T 19889.14 - 2010 测得声源室和接收室之间的平均声压级差和接收室内的混响时间，结合参考混响时间，通过下列公式计算得出标准化声压级差：

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad (6.2.1)$$

式中： L_1 一声源室内平均声压级，单位 dB；
 L_2 一接收室内平均声压级，单位 dB；
 T 一接收室内混响时间，单位 s；
 T_0 一参考混响时间，对于住宅， $T_0=0.5$ s；

同样，依据《声学 建筑和建筑构件隔声测量第 3 部分：建筑构件空气声隔声的实验室》GB/T 19889.3 - 2005 测得声源室和接收室之间的平均声压级，结合隔墙面积和接收室内吸声量，由以下公式得到隔声量：

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \quad (6.2.2)$$

式中： L_1 一声源室内平均声压级，单位 dB；
 L_2 一接收室内平均声压级，单位 dB；
 S 一隔墙的面积，单位 m^2 ；
 A 一接收室内吸声量，单位 m^2 。

联合公式 (6.2.1) 和公式 (6.2.2)，可得 (6.2.3) 式：

$$D_{nT} = R + 10 \lg \frac{A}{S} + 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad (6.2.3)$$

进一步可得房间之间组合墙在中心频率为 j 时的标准化声压级差 D_{nTj} 的计算过程，如下式：

$$D_{nTj} = R_j + 10 \lg \frac{A_j}{\sum_{k=1}^n S_k} + 10 \lg \frac{T_j}{T_0} \quad (6.2.4)$$

式中： D_{nTj} — 房间之间组合墙在中心频率为 j 时的标准化声压级差，dB；

R_j — 围护结构在中心频率为 j 时的空气声隔声量，dB；

S_k — 单一构件 k 的面积， m^2 ；

A_j — 噪声接收房间在中心频率为 j 时的总吸声量， m^2 ；

T_j — 噪声接收房间在中心频率为 j 时的混响时间，s；

其中 A_j 和 T_j 分别由 (6.2.5) 和 (6.2.6) 获得：

$$A_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} S_i \quad (6.2.5)$$

式中： α_{ij} — 单一构件 i 在中心频率为 j 时的吸声系数；

S_i — 单一构件 i 的内表面积， m^2 ，这里包括内墙、内窗、地板和天花板；

$$T_j = 0.161 \frac{V}{A_j} \quad (6.2.6)$$

式中： V — 噪声接收房间的容积， m^3 。

分析上述公式中计算所需的参数，首先从 6.1 节中获取相邻房间之间组合墙在各频率下空气声隔声量（见表 6.1），对应公式 (6.2.4) 中的 R_j ；而由构件倍频程下的吸声系数和构件的内表面积又可得 A_j ；再进一步由噪声接收房间体积和 A_j 获得 T_j 。最后将 R_j ， A_j ， T_j ， T_0 以及单一构件面积 S_k 代入公式 (6.2.4) 中可获得房间之间组合墙在中心频率为 j 时的标准化声压级差 D_{nTj} ，结果列于表 6.2 中。

表 6.2 相邻房间之间组合墙在各频率下标准化声压级差计算详表 单位：dB

类别	包含房间(编号)	各频率下空气声隔声量					加权标准化声压级差
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
病房与普通房间之间	3001&3005,3002&3004,3010&3012,3011&3013,...	40.4	44.2	42.3	51.1	51.1	49
	3019&3022,4017&4020,5003@5&5007@5,5012@5&5014@5,...	39.9	43.2	46.5	49.8	53.1	50
	3020&3021,4018&4019,5034@5&5035@5,5034@6&5035@6,...	41.2	45.0	43.2	51.9	51.9	49
	3020&3023,4018&4021,5034@5&5037@5,5034@6&5037@6,...	41.5	44.8	48.1	51.4	54.7	52

	4017&4014,5024@5&5033@5,5024@6&5033@6,5024@7&5033@7,..	42.8	46.1	49.4	52.7	56.0	53
	5005@5&5001@5,5005@6&5001@6,5005@7&5001@7,5005@8&5001@8,...	42.0	45.3	48.7	52.0	55.3	52
	5003@5&5002@5,5005@5&5006@5,5003@6&5002@6,5005@6&5006@6,...	44.6	47.9	51.2	54.5	57.8	55
	3001&3003,3020&3003,4003&4002,4018&4002,...	45.9	49.2	52.5	55.8	59.1	56
	3019&3014,3019&3003,4017&4002	45.1	48.4	51.7	55.1	58.4	55
	3002&3003,3011&3003,4001&4002,4011&4002,...	46.5	49.8	53.1	56.4	59.7	57
	3010&3003,3019&3016,4010&4002,5024@5&5002@5,...	47.3	50.6	53.9	57.3	60.6	58
	3010&3004,4010&4004,5012@5&5006@5,5012@6&5006@6,...	48.5	51.8	55.2	58.5	61.8	59
	3011&3005,4011&4005,5013@5&5007@5,5013@6&5007@6,...	48.2	51.5	54.8	58.1	61.4	58
	3010&3014,4010&4014,5024@5&5028@5,5024@6&5028@6,...	50.5	53.8	57.1	60.4	63.7	61
	3010&3006,3011&3007,3011&3009,4010&4006,...	51.7	55.0	58.3	61.7	65.0	62
	3010&3008,4010&4008	52.1	55.4	58.7	62.0	65.3	62
	3019&3015,5012@5&5010@5,5012@6&5010@6,5012@7&5010@7,..	52.7	56.0	59.3	62.6	65.9	63
	..						
病房之间	3019&3010,4017&4010,5024@5&5020@5,5024@6&5020@6,...	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1	51
	5005@5&5012@5,5005@6&5012@6,5005@7&5012@7,5005@8&5012@8,...	41.3	44.6	48.0	51.3	54.6	52
	5020@5&5024@5,5022@5&5025@5,5020@6&5024@6,...	41.1	44.4	47.7	51.1	54.4	51
	3001&3011,3002&3010,3010&3019,...	42.7	46.0	49.3	52.6	55.9	53
	3011&3020,3011&3001,4011&4018,4011&4003,...	43.0	46.3	49.7	53.0	56.3	53
	3020&3011,4018&4011,5003@5&5013@5,5034@5&5025@5,...	43.5	46.8	50.1	53.4	56.7	54

(2) 计权标准化声压级差

获取相邻房间之间组合墙在中心频率为 j 时标准化声压级差之后, 同样按照前述 5.3 小节的计权计算方法, 对上一步所得结果进行计权, 得出计权标准化声压级差, 所得结果列于表 6.2 中。

6.3 相邻房间之间组合墙空气声隔声频谱修正量

在相邻房间之间组合墙计权标准化声压级差计算结束后进行频谱修正量计算, 计算原理同公式 5.4.1, 其中的 X_w 对应组合墙计权标准化声压级差, 其中的 X_i 对应第 i 个频带的标准化声压级差, 其他参数含义均不变, 再结合《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010, 根据各类建筑不同的相邻房间类型, 得出相应的交通噪声频谱修正量或粉红噪声频谱修正量, 频谱修正结果列于表 6.4。

6.4 相邻房间之间空气声隔声性能

相邻房间之间的空气声隔声性能最终是由计权标准化声压级差与频谱修正量决定, 二者进行求和, 所得结果与标准限值进行对比, 达标判定如下:

表 6.4 相邻房间之间空气声隔声性能计算详表 单位: dB

类别	包含房间	计权标准化声压级差(dB)	频谱修正量(dB)	空气声隔声性能(dB)	限值	结论
病房与普通房间之间	3001&3005,3002&3004,3010&3012,3011&3013,...	49	-1(C)	48	低限:≥45,高要求:≥50	满足平均要求
	3019&3022,4017&4020,5003@5&5007@5,5012@5&5014@5,...	50	-1(C)	49	低限:≥45,高要求:≥50	满足平均要求
	3020&3021,4018&4019,5034@5&5035@5,5034@6&5035@6,...	49	0(C)	49	低限:≥45,高要求:≥50	满足平均要求
	3020&3023,4018&4021,5034@5&5037@5,5034@6&5037@6,...	52	-1(C)	51	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	4017&4014,5024@5&5033@5,5024@6&5033@6,5024@7&5033@7,...	53	-1(C)	52	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	5005@5&5001@5,5005@6&5001@6,5005@7&5001@7,5005@8&5001@8,...	52	0(C)	52	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	5003@5&5002@5,5005@5&5006@5,5003@6	55	-1(C)	54	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求

	&5002@6,5005@6&5006@6,...					
	3001&3003,3020&3003,4003&4002,4018&4002,...	56	-1(C)	55	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3019&3014,3019&3003,4017&4002	55	0(C)	55	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3002&3003,3011&3003,4001&4002,4011&4002,...	57	-1(C)	56	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3010&3003,3019&3016,4010&4002,5024@5&5002@5,...	58	-1(C)	57	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3010&3004,4010&4004,5012@5&5006@5,5012@6&5006@6,...	59	-1(C)	58	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3011&3005,4011&4005,5013@5&5007@5,5013@6&5007@6,...	58	0(C)	58	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3010&3014,4010&4014,5024@5&5028@5,5024@6&5028@6,...	61	-1(C)	60	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3010&3006,3011&3007,3011&3009,4010&4006,...	62	-1(C)	61	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3010&3008,4010&4008	62	0(C)	62	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3019&3015,5012@5&5010@5,5012@6&5010@6,5012@7&5010@7,...	63	-1(C)	62	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
病房之间	3019&3010,4017&4010,5024@5&5020@5,5024@6&5020@6,...	51	-1(C)	50	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	5005@5&5012@5,5005@6&5012@6,5005@7&5012@7,5005@8&5012@8,...	52	-1(C)	51	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	5020@5&5024@5,5022@5&5025@5,5020@6&5024@6,...	51	0(C)	51	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
	3001&3011,3002&3010,3010&3019,...	53	-1(C)	52	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求

3011&3020,3011&3001 ,4011&4018,4011&400 3,...	53	0(C)	53	低限:≥45,高 要求:≥50	满足高要求
3020&3011,4018&4011 ,5003@5&5013@5,503 4@5&5025@5,...	54	-1(C)	53	低限:≥45,高 要求:≥50	满足高要求

注： C 用于频谱 1（A 计权粉红噪声）； Ctr 用于频谱 2（A 计权交通噪声）

7 楼板撞击声隔声性能

依据《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010 的要求，构件的撞击声隔声性能通过计权规范化撞击声压级来评价。

楼板构造信息由表 5.1-1 可知，本项目参考相关声学资料中倍频程下对应构造的楼板撞击声压级，计算楼板的计权规范化撞击声压级，作为楼板撞击声隔声性能，判断其是否满足标准要求。

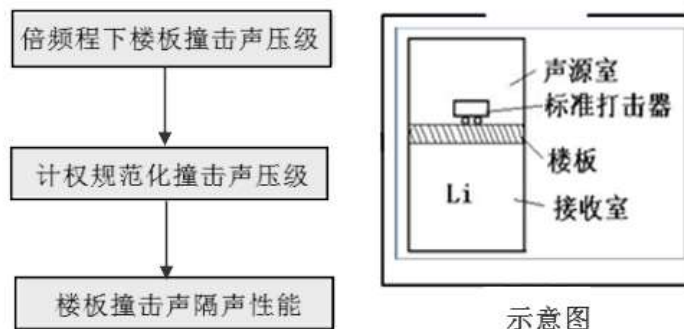


图 7-1 楼板撞击声隔声性能计算过程及测量示意图

根据上述计算流程，先查得倍频程下撞击声压级，再进行计权计算。

在《建筑隔声评价标准》GB/T50121-2005 中，为计算撞击声隔声的单值评价量提供了两种算法：数值计算法和曲线比较法。本项目采用了数值计算法对撞击声隔声性能进行计算。

当声压级为 X ，且 X_i 为倍频程的撞击声压级时，其对应计权单值评价量 X_w 必须为满足下式的最小值再减 5dB，精确到 1dB：

$$\sum_{i=1}^5 P_i \leq 10.0 \quad (7.1)$$

式中： i — 频带的序号， $i=1\sim 5$ ，代表 125~2000Hz 范围内的 5 个倍频程；

P_i — 不利偏差，按下式计算：

$$P_i = \begin{cases} X_i - K_i - X_w - 5 & X_i - K_i - X_w - 5 > 0 \\ 0 & X_i - K_i - X_w - 5 \leq 0 \end{cases} \quad (7.2)$$

式中： X_w — 撞击声隔声计权单值评价量；

K_i — 表 7.1-1 中第 i 个频带的基准值；

X_i — 第 i 个频带的撞击声压级，精确到 0.1dB。

表 7.1-1 撞击声隔声基准值

单位：dB

频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
倍频程基准值 K_i	2	2	0	-3	-16

表 7.1-2 楼板撞击声隔声性能

单位：dB

构件	规范化撞击声压级(dB)					计权规范化撞击声压级(dB)	标准限值	结论
	不利偏差(dB)							
	倍频程中心频率(dB)							
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz			
病房与上层房间之间楼板	72.1	74.4	76.5	71.3	62.5	64	低限:<75,高要求:<65	满足高要求
	0.0	0.0	2.5	0.3	4.5			

8 结论

根据上述计算可知，本项目围护结构隔声结果如下表所示：

表 8-1 构件隔声性能结果统计

单位：dB

构件	单值评价量+频谱修正量	标准限值	结论
医院建筑外墙	53	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求
病房与普通房间之间的隔墙	50	低限:>45,高要求:>50	满足平均要求
病房之间的隔墙	50	低限:>45,高要求:>50	满足平均要求
病房与普通房间之间的楼板	51	低限:>45,高要求:>50	满足高要求
病房之间的楼板	51	低限:>45,高要求:>50	满足高要求
医院建筑中的门	38	低限:≥20	满足低限要求
医院建筑外窗	28	低限:≥25,高要求:≥30	满足平均要求

表 8-2 相邻房间隔声性能结果统计

单位：dB

类别	计权标准化声压级差+频谱修正量	限值	结论
病房与普通房间之间	48	低限:≥45,高要求:≥50	满足平均要求
病房之间	50	低限:≥45,高要求:≥50	满足高要求

表 8-3 撞击声隔声性能统计

单位：dB

构件	计权规范化撞击声压级	标准限值	结论
----	------------	------	----

病房与上层房间之间楼板	64	低限:<75,高要求:<65	满足高要求
-------------	----	----------------	-------

综上,根据《四川省民用绿色建筑设计施工图阶段审查技术要点(试行)》2020版和《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010评价要求,可得围护结构隔声评价结果及得分情况如下表:

表 8.4 围护结构隔声性能评价结果 单位: dB

检查项	评价依据	结论	得分
空气声隔声	控制项: 2.1.11 主要功能房间的外墙、隔墙、楼板和门窗的隔声性能应能满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中低限要求。	满足	--
	评分项: 3.7.3 构件及相邻房间之间的空气声隔声性能达到现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中的低限标准限值和高要求标准限值的平均值,得 3 分;达到高要求标准限值,得 5 分。	满足平均要求	3
撞击声隔声	控制项: 2.1.11 主要功能房间的外墙、隔墙、楼板和门窗的隔声性能应能满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中低限要求。	满足	--
	评分项: 3.7.3 楼板的撞击声隔声性能达到现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中的低限标准限值和高要求标准限值的平均值,得 3 分;达到高要求标准限值,得 5 分。	满足高要求	5