

围护构件隔声性能分析报告

项 目 名 称: 翁源县管道天然气管网系统及配套设施建设项目-
翁城 LNG 气化站

建 设 单 位: 粤北城市燃气（翁源）有限公司

设 计 单 位: 中国市政工程西南设计研究总院有限公司

报 告 日 期: 2025 年 11 月

目 录

1 项目概况	1
2 评价标准	1
3 分析对象	3
4 计算依据	3
4.1 理论依据	3
4.2 单层匀质密实墙的空气声隔绝	4
4.3 多层复合板的设计要点	4
4.4 质量定律	5
4.5 建筑中应用的经验公式	6
5 构造做法及隔音量	7
5.1 围护结构构造	7
5.2 外墙计权隔声量	7
5.3 隔墙计权隔声量	8
5.4 楼板空气计权隔声量	9
5.5 门的计权隔声量	9
5.6 外窗计权隔声量	10
5.7 楼板撞击声隔声	11
6 统计	12
7 结论	13

1 项目概况

本项目位于韶关市翁源县。本工程规划建设用地面积 7366 平方米，建筑占地面积 377.34 平方米，建筑总面积 598.27 平方米，机动车停车位共有 4 个（其中地上 4 个，地下无停车位）。

项目总平面图如下：

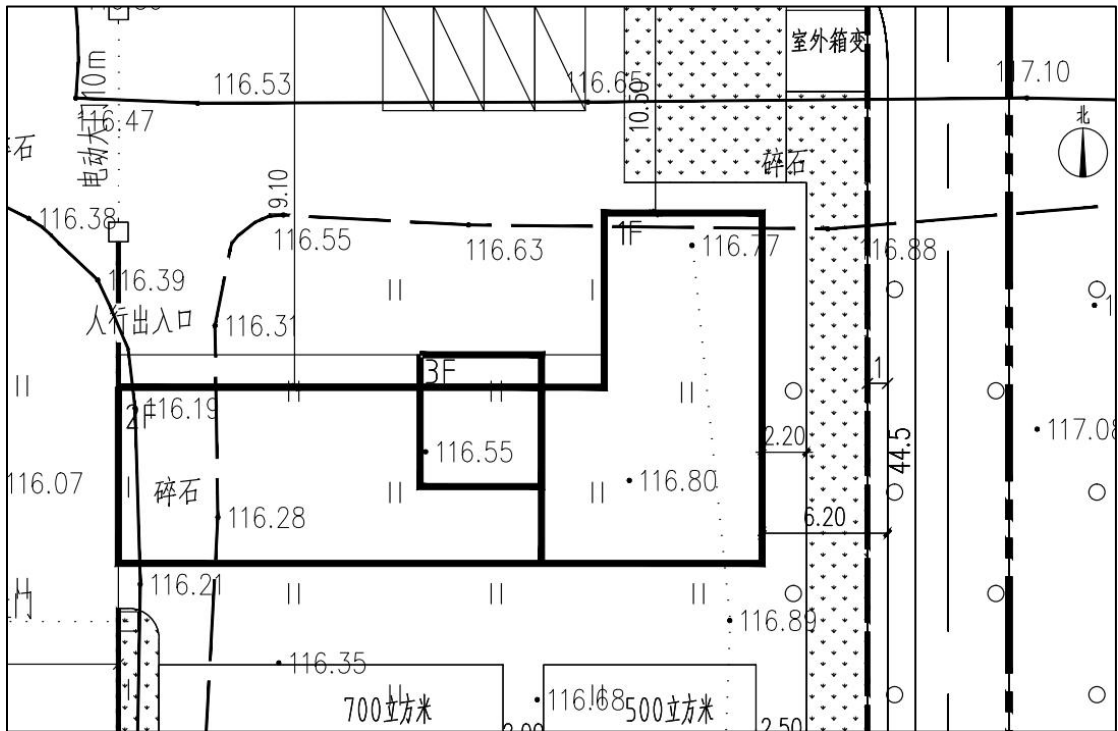


图 1 总平面图

2 评价标准

满足《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 对本项目进行评价分析：

5.1.4 主要功能房间的室内噪声级和隔声性能应符合下列规定：

- 1 室内噪声级应满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 中的低限要求；
- 2 外墙、隔墙、楼板和门窗的隔声性能应满足现行国家标准《民用建筑隔声设

计规范》GB50118 中的低限要求。

5.2.7 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》GB50118 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》GB50118 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。

建筑构件与相邻房间的隔声性能要求如表 1、表 2。

表 1 空气隔声标准

建筑类型	构件房间名称	空气声隔声单值评价量+频谱修正量 (dB)		
			低限要求	高限要求
办公建筑	外墙	计权隔声量+交通噪声频谱修正量 R_w+C_{TR}	≥ 45	≥ 50
	外窗		≥ 30 (邻交通干线的办公室、会议室) / ≥ 25	≥ 35 (邻交通干线的办公室、会议室) / ≥ 30
	门	计权隔声量+粉红噪声频谱修正量 R_w+C	≥ 20	≥ 25
	办公室、会议室与普通房间的隔墙、楼板		> 45	> 50

表 2 楼板撞击声隔声标准

建筑类型	楼板部位	撞击声隔声单值评价量 (dB)	低标准要求	高标准要求
办公建筑	办公室、会议室顶部的楼板	计权规范化撞击声压级 L_{nw} (实验室测量)	< 75	< 65
		计权规范化撞击声压级 L_{ntw} (现场测量)	≤ 75	≤ 65

3 分析对象

项目为办公建筑，本项目主要功能房间为办公室、会议室。根据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019，对有隔声要求的办公室、会议室进行分析。

4 计算依据

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019

《建筑隔声评价标准》GB/T 50121-2005

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010

《民用建筑热工设计规范》GB 50176-93

建筑设计相关施工图图纸

4.1 理论依据

声音在房屋建筑中的传播，有许多不同的途径，如通过墙壁、门窗、楼板、基础及各种设备管道等。声的传播途径大致可归纳为两大类：通过空气的传声和通过建筑结构的固体传声。在建筑声学中，把凡是通过空气传播而来的声音称为空气声，例如汽车声、飞机声等；把凡是通过建筑结构传播的由机械振动和物体撞击等引起的声音，称为固体声，如脚步声、撞击声等。建筑构件隔绝的若是空气声，则称为空气声隔绝；若隔绝的是固体声，则称为固体声隔绝。

在工程上，常用隔声量 R 来表示构件对空气声的隔绝能力，它与构件透射系数 τ 有如下关系：

$$R=10\lg\frac{1}{\tau}$$

τ 为构件的透射系数。

可以看出，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。

隔声构件按照不同的结构形式，有不同的隔声特性。对于隔墙（分户墙）设计上的措施，理论上采用高声阻、刚性、匀质密实的围护结构，如砖、混凝土等，

其质量越大则振动越小，惰性抗力越大，使传声减小到最低程度，因而，密实而重质的材料隔声性能较好。

4.2 单层匀质密实墙的空气声隔绝

单层匀质密实墙的隔声性能和入射声波的频率有关，还取决于墙本身的面密度、劲度、材料的内阻尼，以及墙边界条件等因素。典型的单层匀质密实墙的隔声频率特性曲线如图4.2所示。

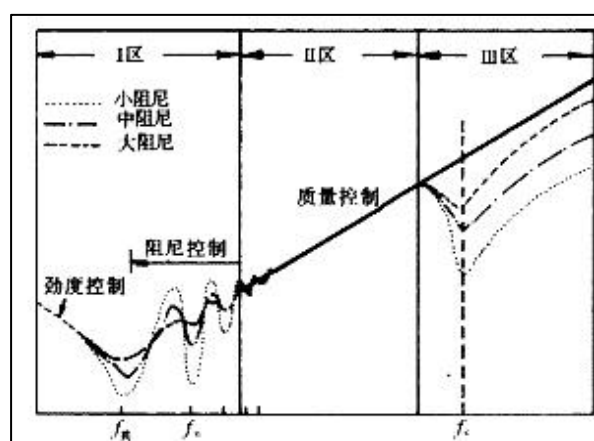


图4.2 单层匀质墙典型隔声频率特性曲线

从图4.2中可知，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。

4.3 多层复合板的设计要点

现在的节能建筑一般采用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时，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5mm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。图4.3是几种隔声结构隔声性能的实测结果。

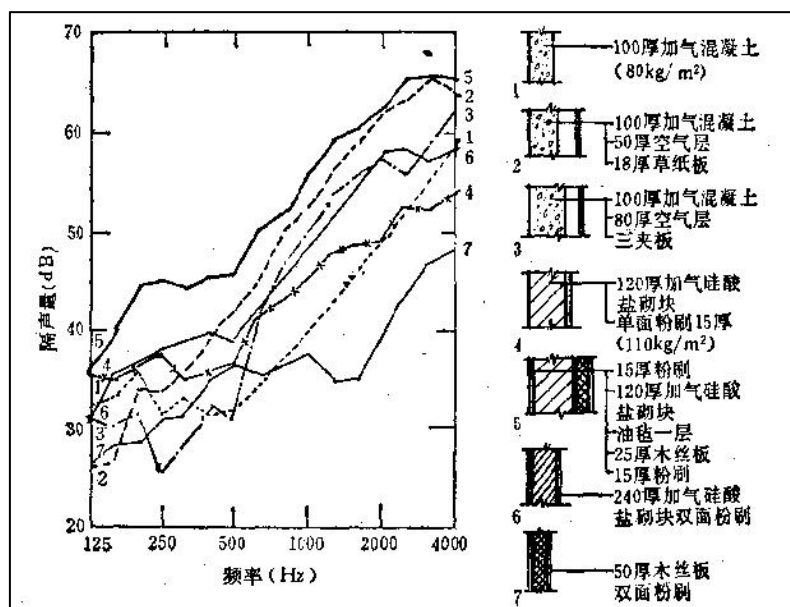


图4.3 改善多孔材料的隔声特性实例

4.4 质量定律

如果把墙看成是无劲度、无阻尼的柔顺质量、且忽略墙的边缘条件，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：

$$R_0 = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{\pi m f}{\rho_0 c} \right)^2 \right]$$

式中 m -----墙单位面积的质量，或称面密度， kg/m^2 。

ρ_0 ----- 空气密度， kg/m^3 。

c -----空气中的声速，一般取344m/s；

f -----入射声波的频率，Hz。

一般情况下， $\pi m f > \rho_0 c$ ，即 $\frac{\pi m f}{\rho_0 c} > 1$ ，上式便可简化为：

$$\begin{aligned} R_0 &= 20 \lg \left(\frac{\pi m f}{\rho_0 c} \right) \\ &= 20 \lg m + 20 \lg f - 43 \end{aligned}$$

如果声波并非垂直入射，而是无规入射时，则墙的隔声量为：

$$R = R_0 - 5 = 20 \lg m + 20 \lg f - 48$$

上面两个式子证明，墙的单位面积质量越大，则隔声效果越好，单位面积质量每增加一倍，隔声量可增加6dB。这一规律称为“质量定律”。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6dB。图4.4表示了质量定律直线。

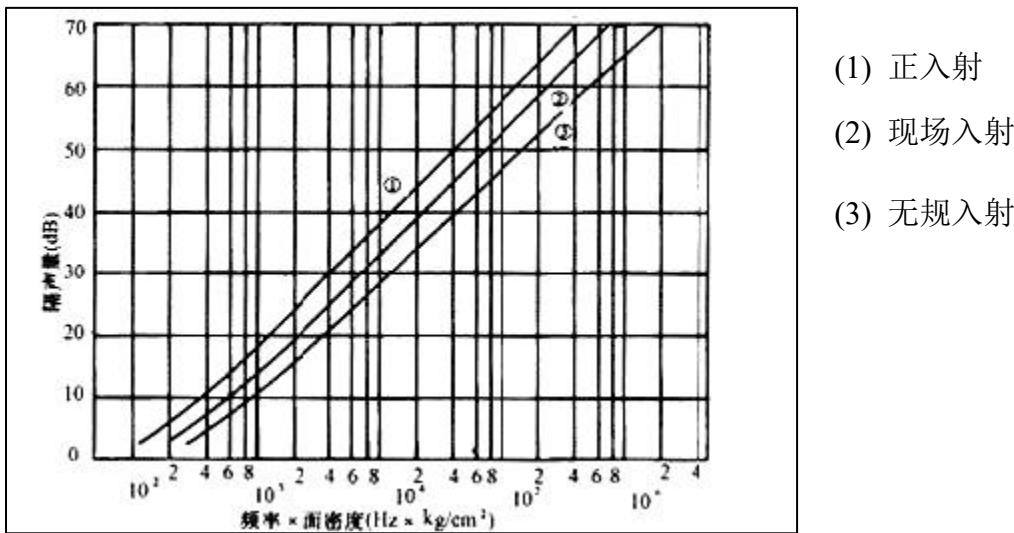


图4.4 由质量控制的柔性板的隔声量

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。

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。

4.5 建筑中应用的经验公式

《建筑隔声设计—空气声隔声技术》书中，推荐我们使用影响我国声学界的艾尔杰里的两个经验公式，这两个经验公式是建筑师进行隔声设计的重要依据：

$$R = 23 \lg m - 9 \quad (m \geq 200 \text{ kg/m}^2) \quad (1)$$

$$R = 13.5 \lg m + 13 \quad (m \leq 200 \text{ kg/m}^2) \quad (2)$$

5 构造做法及隔音量

5.1 围护结构构造

(1) 外墙 200: (由外到内)

耐水腻子 2mm+聚合物防水抗裂砂浆 10mm+加气混凝土砌块 200mm+水泥石灰砂浆 20mm

(2) 隔墙: (由外到内)

水泥石灰砂浆 20mm+加气混凝土块 200mm+水泥石灰砂浆 20mm

(3) 楼板:

地砖8~10mm+聚合物水泥砂浆 4mm+C20细石混凝土 40mm + 橡胶隔声垫 5mm+钢筋混凝土100mm

(4) 外窗:

序号	构造名称	构造编号	传热系数	太阳得热系数	可见光透射比	备注
1	普通铝合金窗框+6mm 中透光 Low-E+12mm 空气+6mm 玻璃(透明)	18	3.22	0.49	0.730	来源《民用建筑热工设计规范》

5.2 外墙计权隔声量

项目外墙主要构造分别为:

(1) 外墙200: (由外到内)

耐水腻子 2mm+聚合物防水抗裂砂浆 10mm+加气混凝土砌块 200mm+水泥石灰砂浆 20mm

根据《建筑隔声与吸声构造》08J931图集, 加气混凝土外墙、剪力墙、热桥梁的外墙隔声性能如图:



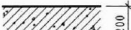

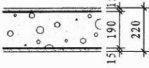
常用外墙的隔声性能											
编号	构造简图	构造	墙厚 (mm)	面密度 (kg/m ²)	计权隔声量 R _w (dB)	频谱修正量		R _w +C	R _w +C _{tr}	附 注	
						C (dB)	C _{tr} (dB)				
外墙1		钢筋混凝土	120	276	49	-2	-5	47	44	需增加抹灰层方可满足外墙隔声要求	
外墙2		钢筋混凝土	150	360	52	-1	-5	51	47	满足外墙隔声要求	
外墙3		钢筋混凝土	200	480	57	-2	-5	55	52	满足外墙隔声要求	
外墙4		蒸压加气混凝土砌块 390×190×190 双面抹灰	230	284	49	-1	-3	48	46	满足外墙隔声要求	
外墙5		蒸压加气混凝土砌块 390×190×190 双面抹灰	220	259	47	0	-2	47	45	满足外墙隔声要求	
注: 1. 一般情况下, 当外墙有保温层时, 墙体的隔声性能会有所提高。 2. 表中隔声数据根据中国建筑科学研究院建筑物理所提供的资料编制。					常用外墙的隔声性能					图集号	08J931
审核: 张树君					设计: 雷艺君	设计: 雷艺君	设计: 雷艺君	设计: 雷艺君	设计: 雷艺君	页	10

图5.2-1 外墙隔声性能构造图

根据上图, 本项目加气混凝土外墙、量均大于46dB, 由此可得出结论, 本项目加气混凝土外墙的空气声计权隔声量大于45dB, 满足现行国家标准 《民用建筑隔声设计规范》 GB50118中的低限标准限值。

5.3 隔墙计权隔声量

本项目隔墙构造为:

水泥石灰砂浆 20mm+加气混凝土块 200mm+水泥石灰砂浆 20mm

根据《建筑隔声与吸声构造》08J931 图集, 不同做法内隔墙隔声性能如图:

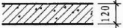
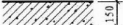


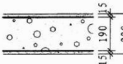
常用外墙的隔声性能											
编号	构造简图	构造	墙厚 (mm)	面密度 (kg/m ²)	计权隔声量 Rw (dB)	频带修正量 C (dB) C ₁ (dB)		Rw+C	Rw+C _{tr}	附 注	
外墙1		钢筋混凝土	120	276	49	-2	-5	47	44	需增加抹灰层方可满足外墙隔声要求	
外墙2		钢筋混凝土	150	360	52	-1	-5	51	47	满足外墙隔声要求	
外墙3		钢筋混凝土	200	480	57	-2	-5	55	52	满足外墙隔声要求	
外墙4		蒸压加气混凝土砌块 390×190×190 双面抹灰	230	284	49	-1	-3	48	46	满足外墙隔声要求	
外墙5		蒸压加气混凝土砌块 390×190×190 双面抹灰	220	259	47	0	-2	47	45	满足外墙隔声要求	
注: 1. 一般情况下, 当外墙有保温层时, 墙体的隔声性能会有所提高。 2. 表中隔声数据根据中国建筑科学研究院建筑物理所提供的资料编制。			常用外墙的隔声性能						图集号 08J931		
			审核: 张树君 设计: 雷艺君 设计: 雷艺君 设计: 雷艺君 设计: 雷艺君						页 10		

图 5.3-1 隔墙隔声性能构造图

根据上图，本项目主要功能房间（办公室、会议室）隔墙的隔声量均大于48dB，满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118中的低限标准限值。

5.4 楼板空气计权隔声量

根据建筑构造做法表可知，主要功能房间构造：

隔声楼板：地砖8~10mm+聚合物水泥砂浆 4mm+C20细石混凝土 40mm + 橡胶隔声垫 5mm +钢筋混凝土100mm

表5.4-1 隔声楼板构造做法面密度

楼板类型	钢筋混凝土 (mm)	聚合物水泥砂浆 (mm)	C20细石混凝土 (mm)
厚度(mm)	100	4	40
材料密度(kg/ m ³)	2500	1800	2500
综合面密度m(kg/ m ²)	357.20		

注：材料密度来自于《民用建筑热工设计规范》（GB50176-2016）

本项目楼板面密度为 $357.20\text{kg/m}^2 \geq 200\text{kg/m}^2$ ，根据经验公式计算得出：楼板构造空气声计权隔声量 $R = 231\lg m - 9 = 23 \lg 357.20 - 9 = 49.72\text{dB}$

根据隔声量经验公式计算本项目楼板构造空气声计权隔声量为49.72dB，由此可见，本项目楼板的空气声计权隔声量均大于45dB。

5.5 门的计权隔声量

《建筑声学设计》书中表3-11给出的一般门窗的隔声量。从表一般双层门的隔声量在30~40dB，本项目的门采用防火门、铝合金门，隔声效果好。

在高噪声隔声中需要使用隔声门，提高门的隔声性能一方面需要提高门扇的隔声量，另一方面需要处理好门缝。提高门扇自身隔声量的方法有：

1) 增加门扇重量和厚度。但重量不能太大，否则难于开启，门框支撑也成为问题；太厚也不行，影响开启，而且也受到锁具的限制。常规建筑隔声门重量在 50kg/m^2 以内，厚度不大于8cm。

2) 使用不同密度的材料叠合而成，如多层钢板、密度板复合，各层的厚度

也不同，防止共振和吻合效应。

3) 在门扇内形成空腹，内填吸声材料。隔声门门扇的隔声量可做到50-55dB。

门缝处理的方法有：

1) 将门框做成多道企口，并使用密封胶条或密封海绵密封。采用密封条时要保证门缝各处受压均匀，密封条处处受压。有时采用两道密封条，但必须保证门扇和门框的加工精度，配合良好。

2) 采用机械压紧装置，如压条等。门的周边安装压紧装置，锁门转动扳手时，通过机械联动将压紧装置压在门框上，可获得良好的密封性。对于下部没有门槛的隔声门，必须在门扇底安装这种机械密封装置，关门时，压条自动压在地面上密封。通过良好门缝处理的单隔声门隔声量可达到35~40dB。

结论：本项目的门采用防火门、铝合金门，通过良好的门缝处理后隔声性能应能达到25~35dB。

5.6 外窗计权隔声量

本项目外窗构造为普通铝合金窗框+6mm 中透光 Low-E+12mm 空气+6mm 玻璃（透明），外窗的计权隔声量为 33dB，满足外窗的空气计权隔声量的要求。

序号	构造名称	构造编号	传热系数	太阳得热系数	可见光透射比	备注
1	普通铝合金窗框 +6mm 中透光 Low-E+12mm 空气 +6mm 玻璃（透明）	18	3.22	0.49	0.730	来源《民用建筑热工设计规范》

图5.6-1 外窗做法

1. 常用单双层窗的隔声:

依据质量定律, 厚玻璃比薄玻璃隔声量大, 但是一味地加大玻璃厚度也不是完美的设计。单双层玻璃窗的隔声参考值见表 14-9, 图 14-10。

2. 中空玻璃窗的隔声:

目前建筑设计中广泛采用的 5+6+5 或 6+9+6, 即中空 6mm 或者 9mm 空气层的中空玻璃窗, 如此薄的空气层对于隔声量的增加基本无作用, 即 5+6+5 基本相当于 5+5=10mm 厚的单层玻璃的隔声量, 而 6+9+6 则仅相当于 6+6=12mm 厚的单层玻璃的隔声量。

普通单层玻璃窗的隔声量

表 14-9

窗面积 (m ²)	玻璃厚度 (mm)	倍频程隔声量 (dB)						平均隔声量 (dB)	隔声指数 (dB)
		125	250	500	1000	2000	4000		
2	3	21	22	23	27	30	30	25.5	27
3	4	22	24	28	30	32	29	27.5	29
3	6	25	27	29	34	29	30	29.0	29
2	8	31	28	31	32	30	37	30.5	31
2	10	32	31	32	32	32	38	32.8	32
2	12	32	31	32	33	33	41	33.7	33
2	15	36	33	33	28	39	41	35.0	30

数据来源于:

- ① 《建筑声学设计手册》中国建筑科学研究院建筑物理所主编
- ② 《建筑物理环境与设计》东南大学主编
- ③ 根据《建筑隔声与吸声构造》 08J931图集

5.7 楼板撞击声隔声

根据建筑构造做法表可知, 主要功能房间构造:

隔声楼板: 地砖8~10mm+聚合物水泥砂浆 4mm+C20细石混凝土 40mm +
橡胶隔声垫 5mm +钢筋混凝土100mm

编号	构造简图	用料及分层做法	总厚度 (mm)	面密度 (kg/m ²)	隔声垫厚度 (mm)	计权规范化 撞击声压级 L _{w,n} (dB)
01		1. 40厚C20细石混凝土 (Φ4@100) 2. 5/9厚单面覆膜VIAB 聚氨酯橡胶隔声垫 3. 120厚钢筋混凝土楼板 4. 踢脚	165	103	5	60
02		对于毛坯交付的建筑,可暂不做保护层,但应注意成品保护,防止人为破坏,其面层构造待后期装修时确定。后期饰面不得破坏隔声层,饰面完成后需重新进行隔声测试,并满足GB50118相关隔声要求。	169	105	9	55

图5.7-1 项目楼板做法计权规范化撞击声压级

数据来源于：绿色建筑楼板隔声构造20ZTJ503；

参考上图，本项目楼板1构造与该构造构造类似，故判断本项目楼板1计权规范化撞击声压级为60dB，满足《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010低标准要求。

6 统计

通过对项目外墙、隔墙、楼板、门、外窗的计权隔声量进行计算，结论如下：

表 6-1 项目建筑主要功能房间外墙、楼板以及门窗隔声性能列表

围护结构	构造做法	隔声量	低限要求	高限要求
外墙	外墙200：（由外到内） 耐水腻子 2mm+聚合物防水抗裂砂浆 10mm+加气混凝土砌块 200mm+水泥石灰砂浆 20mm	46	≥45 (R _w +C _{tr})	≥50 (R _w +C _{tr})
隔墙	水泥石灰砂浆 20mm+加气混凝土块 200mm+水泥石灰砂浆 20mm	48	>45 (R _w +C)	>50 (R _w +C)
楼板	地砖8~10mm+聚合物水泥砂浆 4mm+ C20细石混凝土 40mm+橡胶隔声垫 5mm+钢筋混凝土100mm	49.73	>45 (R _w +C)	>50 (R _w +C)
门	防火门、铝合金门	28	≥20 (R _w +C)	≥25 (R _w +C)
外窗	普通铝合金窗框+6mm 中透光 Low-E+12mm 空气+6mm 玻璃（透明）	33	≥25 (R _w +C _{tr})	≥30 (R _w +C _{tr})

表 6-2 项目板撞击声隔声分析

楼板部位	构造做法	撞击声	低限要求	高限要求
办公室、会议室顶部楼板	地砖 8~10mm+ 聚合物水泥砂浆 4mm+ C20 细石混凝土 40mm + 橡胶隔声垫 5mm +钢筋混凝土 100mm	60	<75	<65

7 结论

经以上分析，本项目满足《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 中：5.1.4 主要功能房间的外墙、隔墙、楼板和门窗的隔声性能应满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 中的低限要求；