

文件目录编号：B03

构件隔声计算书

自评星级：★一星级

工程名称 绿动未来

建设单位 福建农林大学

设计单位 福建农林大学

目 录

1. 计算概述.....	1
1.1. 项目概况.....	1
1.2. 计算内容.....	1
1.3. 设计依据.....	2
2. 理论依据.....	2
2.1. 原理概要.....	2
2.2. 单层匀质密实墙的空气声隔绝.....	3
2.3. 多层复合板的设计要点.....	3
2.4. 质量定律.....	4
2.5. 建筑中应用的经验公式.....	6
3. 建筑构件隔声性能分析.....	6
3.1. 围护结构构造.....	6
3.2.1 外墙计权隔声量.....	6
3.2.2 隔墙计权隔声量.....	7
3.2.3 楼板的类型及计权隔声量.....	8
3.2.4 外窗的计权隔声量.....	8
3.2.5 分户门的计权隔声量.....	9
3.2.6 楼板的计权标准化撞击声压级.....	10
4. 结论.....	11

构件隔声计算书

1. 计算概述

1.1. 项目概况

本项目位于福建省福州市，所属气候分区为夏热冬冷地区。由 10 栋 1~26F 高层住宅（3#、5~13#楼）、2 栋 1~18F 二类高层住宅（1、2#楼）、1 栋单层配套用房（S1#楼）、1 栋单层垃圾收集站、1F 地下室组成。功能布局：1#楼一层为公共非机动车停车架空，二~十八层为住宅；2#楼一层为公共非机动车停车架空、公共计量间、老年人日间照料中心，二~十八层为住宅；3#楼一~二十六层为住宅；5#楼一层为公共非机动车停车架空、商业、二层为健身活动室、住宅，三~二十六层为住宅；6#楼一层为商业、健身活动室、架空、发电机房，二层为商业、健身活动室，二~二十六层为住宅；7#、8#楼一层为架空层，二层~二十六层为住宅；9#楼一层为商业、物业用房兼快递收发室、社区办公用房，二层为社区办公用房、住宅，三层~二十六层为住宅；10#楼一层为商业、社区卫生服务站、公共非机动车停车架空；二层为社区办公用房、住宅，三~二十六层为住宅；11#楼一层为公共非机动车停车架空、公共计量间、变配电室、开闭所；二~二十六层为住宅；12#楼一层为公共非机动车停车架空；二~二十六层为住宅；13#楼一层为商业、一层为公共非机动车停车架空，物业用房，二层为社区用房、物业办公用房、住宅，三层~二十六层为住宅；S1#楼为单层变配电室；S2#楼为垃圾收集站。地下室为一层，功能为设备用房、地下停车库（平战结合战时人防工程）。

1.2. 计算内容

判断本隔声性能是否满足《福建省绿色建筑标准》DBJ 13-197-2017 中第 5.1.6 条规定“建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求：

- 1 外墙、隔墙、楼板和门窗的空气声隔声性能应符合本标准附录 F 的规定；
- 2 楼板撞击声隔声性能应符合本标准附录 G 中一星级设计要求，楼板撞击声

隔声性能设计可参考本标准附录 H 选用。”

1.3. 设计依据

《环境影响评价技术导则声环境》HJ 2.4-2009

《建筑声学设计手册》（中国建筑工业出版社出版，中国建筑科学研究院建筑物理研究所主编，出版时间 1987.07）

《建筑物理环境与设计》（中国建筑工业出版社出版，柳孝图主编，出版时间：2008.3.1）

《福建省绿色建筑设计标准》DBJ 13-197-2017

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010

委托方提供的本项目建筑设计图纸

委托方提供的其他相关资料

2. 理论依据

2.1. 原理概要

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。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。

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（隔墙）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，惯性抗力越大，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。

2.2. 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 1 所示。

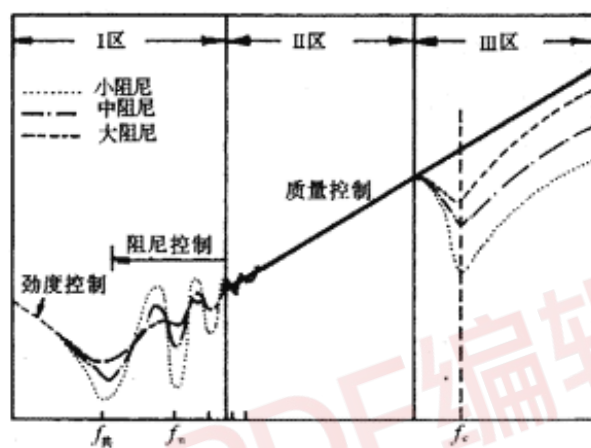


图 1 单层匀质墙典型隔声频率特性曲线

从图 1 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。

2.3. 多层复合板的设计要点

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图 2 所示。

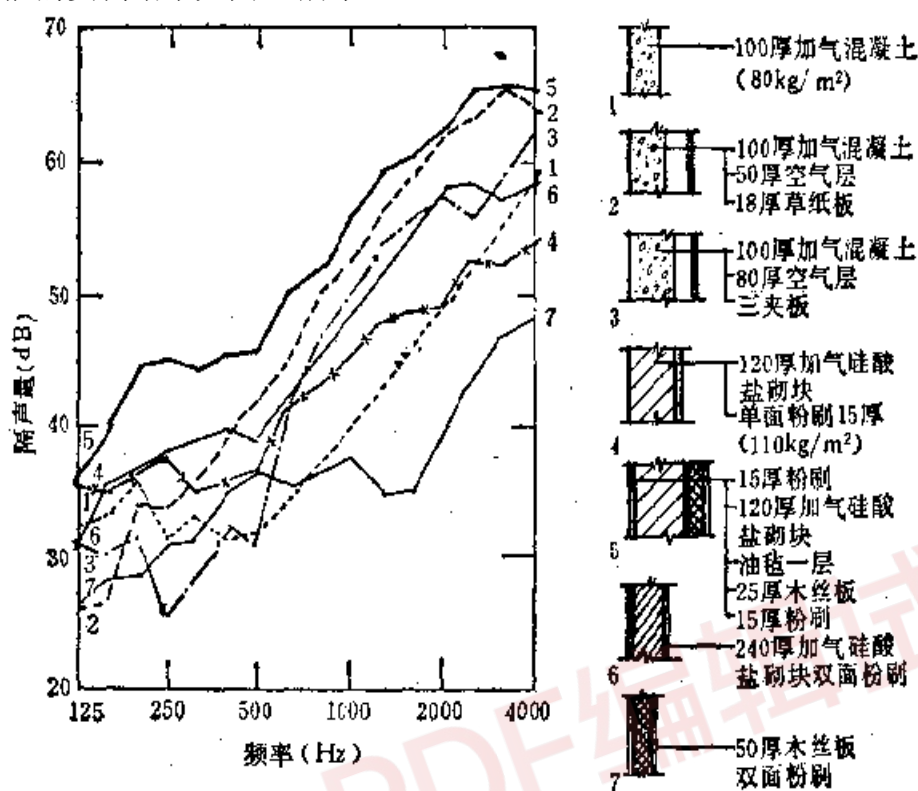


图 2 改善多孔材料的隔声特性实例

2.4. 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：

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

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：

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

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

如果声波并非垂直入射，而是无规入射时，则墙的隔声量为：

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

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 6 dB。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 6 dB。图 3 表示了质量定律直线。

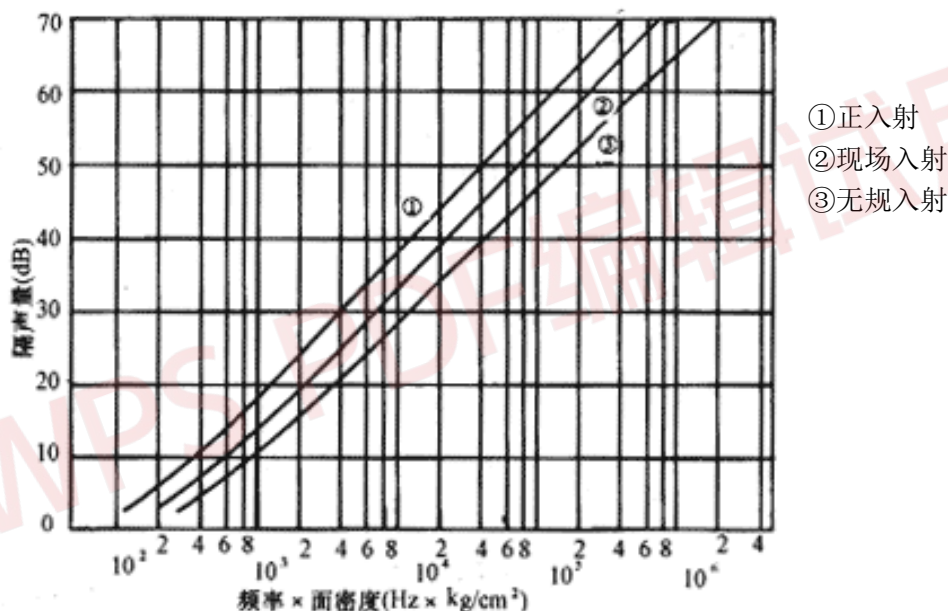


图 3 由质量控制的柔性板的隔声量

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。

2.5. 建筑中应用的经验公式

《建筑隔声设计——空气声隔声技术》书中推荐使用影响我国声学界的阿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：

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

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

3. 建筑构件隔声性能分析

3.1. 围护结构构造

外墙构造：水性纳米保温腻子 3mm+水泥砂浆 20mm+蒸压加气混凝土砌块 ($\rho = 600$) 200mm+水泥砂浆 20mm

隔墙构造：水泥砂浆 20mm+蒸压加气混凝土砌块 ($\rho = 600$) 200mm+水泥砂浆 20mm

普通楼板构造：水泥砂浆 20mm+钢筋混凝土 100mm

外窗构造：铝合金窗--6 中透光单银 Low+12 空气+6 透明玻璃

3.2. 建筑构件隔声性能分析

根据《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阿尔杰里的两个经验公式，根据该经验公式进行计算分析。

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

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

3.2.1 外墙计权隔声量

本项目外墙采用：水性纳米保温腻子 3mm+水泥砂浆 20mm+蒸压加气混凝土砌

块 ($\rho = 600$) 200mm+水泥砂浆 20mm, 各构造层具体参数如下:

表 1 外墙构造

外墙类型	水性纳米保温腻子	水泥砂浆	蒸压加气混凝土砌块 ($\rho = 600$)	水泥砂浆
厚度 (mm)	3	20	200	20
材料密度 (kg/m^3)	1300	1800	600	1800

钢筋混凝土构造层隔声量根据《建筑隔声设计——空气声隔声技术》书中, 推荐使用经验公式:

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

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

本项目外墙的单位面积质量为 $235.9 \text{ kg}/\text{m}^2 \geq 200 \text{ kg}/\text{m}^2$, 根据公式计算得:

$$R = 23 \lg m - 9 = 23 \lg 235.9 - 9 = 45.6 \text{ dB}$$

结论: 本项目外墙的空气声计权隔声量为 45.6dB, 即满足《福建省绿色建筑结构设计标准》DBJ 13-197-2017 第 5.1.6 条建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求:

外墙、隔墙、楼板和门窗的空气声隔声性能应符合本标准附录 F 的规定。

3.2.2 隔墙计权隔声量

表 2 隔墙构造

外墙类型	水泥砂浆	蒸压加气混凝土砌块 ($\rho = 600$)	水泥砂浆
厚度 (mm)	20	200	20
材料密度 (kg/m^3)	1800	600	1800

钢筋混凝土构造层隔声量根据《建筑隔声设计——空气声隔声技术》书中, 推荐使用经验公式:

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

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

本项目隔墙的单位面积质量为 $232 \text{ kg}/\text{m}^2 \geq 200 \text{ kg}/\text{m}^2$, 根据公式计算得:

$$R = 23 \lg m - 9 = 23 \lg 232 - 9 = 45.4 \text{ dB}$$

结论: 本项目隔墙的空气声计权隔声量为 45.4dB, 即满足《福建省绿色建筑结构设计标准》DBJ 13-197-2017 第 5.1.6 条建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求:

外墙、隔墙、楼板和门窗的空气声隔声性能应符合本标准附录 F 的规定；。

3.2.3 楼板的类型及计权隔声量

本项目楼板采用：水泥砂浆 20mm+钢筋混凝土 100mm，各构造层具体参数如下：

表 3 普通楼板构造

•	面砖	水泥砂浆	钢筋混凝土
厚度(mm)		20	100
材料密度(kg/m ³)		1800	2500

注：材料密度来自于《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016。

仅考虑钢筋混凝土构造层的情况下，单位面积质量为 $286 \text{ kg/m}^2 \geq 200 \text{ kg/m}^2$ ，其隔声量根据《建筑隔声设计——空气声隔声技术》书中，推荐使用经验公式：

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

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

计算得：

$$R = 23 \lg m - 9 = 23 \lg 286 - 9 = 47.5 \text{ dB}$$

结论：本项目楼板的空气声计权隔声量为 47.5dB，即满足《福建省绿色建筑标准》DBJ 13-197-2017 第 5.1.6 条建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求：

外墙、隔墙、楼板和门窗的空气声隔声性能应符合本标准附录 F 的规定。

3.2.4 外窗的计权隔声量

外窗是建筑构件隔声的薄弱环节，特别是住宅建筑，夜深人静时窗外的道路交通噪声及生活噪声对居民生活产生极为不利的影响。项目主要噪声源为道路交通噪声，而道路交通噪声属于中低频噪声，噪声强度集中在低频，其特点是随着频率的增长而噪声声级下降。因而该项目宜选择对中低频隔声效果较好的玻璃窗。

依据《福建省绿色建筑标准》DBJ 13-197-2017，外窗的空气声计权隔声量应不小于 30dB。

该项目的外窗部分采用铝合金窗--6 中透光单银 Low+12 空气+6 透明玻璃。

玻璃隔声性能

构造	厚度	计权隔声量 R _w (dB)	频谱修正量		R _w +C	R _w +C _{tr}
			C (dB)	C _{tr} (dB)		
单层玻璃	3	27	-1	-4	26	23
	5	29	-1	-2	28	27
	8	31	-2	-3	29	28
	12	33	0	-2	33	31
夹层玻璃	6+	32	-1	-3	31	29
	10+	34	-1	-3	33	31
中空玻璃	4+6A~12A+4	29	-1	-4	28	25
	6+6A~12A+6	31	-1	-4	30	27
	8+6A~12A+6	35	-2	-6	33	29
	6+6A~12A+10+	37	-1	-5	36	32

注：本表数据根据建筑科学研究院物理所提供的资料编制。
6+、10+表示夹层玻璃。

表 4 外窗做法说明

做法名称	空气声计权隔声量 (dB)	
	实际值	标准要求
铝合金窗—6 中透光单银 Low+12 空气+6 透明玻璃	31	≥30

注：表中空气声计权隔声量数值计算依据建筑图集《建筑隔声与吸声构造》08J931。

3.2.5 分户门的计权隔声量

《建筑声学设计》表 3-11 中给出了一般门窗的隔声量。表中单层门的隔声量一般在 20~30 dB，本项目的分户门采用普通单层门，隔声效果良好。

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：

i) 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 50 kg/m² 以内，厚度不大于 8 cm。

ii) 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。

iii) 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 30~40 dB。

门缝处理的方法有：

i) 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。

ii) 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 30~40 dB。

做法名称	空气声计权隔声量 (dB)		备注说明
	实际值	标准要求	
普通单层门	25~30	≥25	采用门槛做法

结论：门采用普通单层门，通过良好的门缝处理后隔声性能应能达到 25~30 dB。即满足《福建省绿色建筑标准》DBJ 13-197-2017 第 5.1.6 条建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求：

外墙、隔墙、楼板和门窗的空气声隔声性能应符合本标准附录 F 的规定；。

3.2.6 楼板的计权标准化撞击声压级

室内撞击声(也称固体声)主要有人员活动产生的楼板撞击声，设备、管道安装不当产生的固体传声等。

建筑中噪声控制的任务就是通过一定的降噪减振措施，使房间内部噪声达到允许噪声标准。

方法：运用参照对比法，根据《建筑隔声设计》附录 8 中已知的常用楼板的计权标准撞击声级，分析本项目的楼板的计权标准撞击声级。

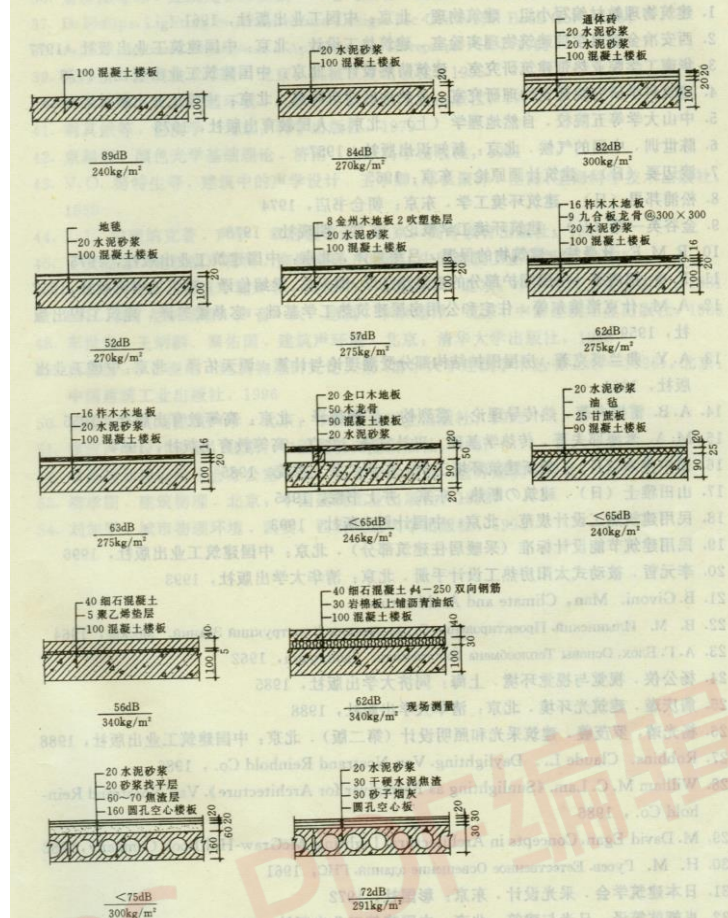
本项目面层由用户自理，构造做法如表所示。

表 5 普通楼板构造

楼板类型	面层	水泥砂浆	钢筋混凝土
厚度 (mm)	-	20	100
材料密度 (kg/m ³)		1800	2500

下图中常用各类楼板的计权标准撞击声级，取其中框出的构造做法，与本项目的楼板构造进行比较。

附录 8 常用各类楼板的计权标准撞击声级 L_{npw}



本项目普通楼板与所选作为参照的常用楼板的构造进行比较,与参照楼板相似,为 84dB,小于 85dB,但在楼板结构上预留改善的可能条件,例如用户铺设木地板、加装地毯等。故判断本项目楼板的计权标准撞击声压级满足标准要求。

结论: 本项目楼板的计权标准撞击声级满足《福建省绿色建筑设计标准》DBJ 13-197-2017 第 5.1.6 条建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求:

楼板撞击声隔声性能应符合本标准附录 G 中一星级设计要求,楼板撞击声隔声性能设计可参考本标准附录 H 选用。

4. 结论

通过对本项目外墙、楼板、隔墙、门、外窗的计权隔声量及楼板的计权标准化撞击声压级进行计算分析,可知本项目外墙、楼板和各墙的空气声计权隔声量

大于 45dB，楼板的计权标准化撞击声声压级满足标准要求，门的隔声性能大于 25dB，外窗的隔声性能大于 30dB。

满足《福建省绿色建筑设计标准》DBJ 13-197-2017 第 5.1.6 条建筑主要功能房间围护结构构件的隔声性能设计应符合下列要求：

- 1 外墙、隔墙、楼板和门窗的空气声隔声性能应符合本标准附录 F 的规定；
- 2 楼板撞击声隔声性能应符合本标准附录 G 中一星级设计要求，楼板撞击声隔声性能设计可参考本标准附录 H 选用。

