

交叉层合木材与木-混凝土复合地板隔声性能试验研究

顾或

南通耀华建设工程质量检测有限公司，江苏省南通市，226001；

摘要：随着人们对室内舒适性要求的提高，建筑的隔声问题不容忽视。楼层碰撞声是房间间噪声的主要来源。通过对一种交叉层压木材(CLT)地板和一种木-混凝土复合材料(TCC)地板进行撞击声隔声试验，研究其撞击声隔声性能。针对裸楼板隔声性能较差的问题，提出了有效的隔声改善方案，包括TCC楼板和CLT楼板的3种浮动楼板方案。此外，还针对CLT楼板提出了浮动楼板的附加优化方案。对两层地板在全频率范围内不同解决方案的隔声性能进行了对比分析。试验结果表明，增加浮动地板可在一定程度上提高地板的隔声冲击性能，实验和分析结果可为提高住宅楼层的隔声性能提供参考。

关键字：交叉层压木地板；木混复合地板；隔声；浮式地板；吊顶

DOI：10.69979/3029-2727.25.04.015

介绍

随着人们对室内舒适性要求的不断提高，住宅建筑的隔声问题受到了广泛的研究关注，特别是地板的冲击声问题^[1]。噪声投诉在环境投诉总量中所占比例最高，严重的甚至会引发法律纠纷。住宅楼层是房间间传递噪声的主要通道，是撞击声隔声研究的重要对象。同时，住宅楼板主要由木材和混凝土楼板组成，其中混凝土楼板是目前最常见的结构形式^[2]。随着建筑业对环境污染的加剧，对建筑材料的环保性能提出了更高的要求。因此，木结构因其成本低、施工方便、环境友好等特点，在建筑工程中得到了广泛的应用，但木结构的隔声性能相对较差，且主要集中在低频处。

为了提高木地板的撞击声隔声性能，满足更高的居住舒适性要求，人们对轻质木地板的声学性能进行了大量的研究^[3]。在楼板特性方面，研究结果表明，增加楼板刚度不能显著改善隔声效果，而增加楼板质量和阻尼可以在一定程度上改善隔声效果。增加浮动地板可以提高隔声性能，但通常需要至少50mm才能达到很好的效果。此外，吊顶的安装也可以大大提高隔声，约为7dB。对于隔声细节的处理，有研究者将吊顶直接固定在侧壁而不是地板上^[4]，验证吊顶与地板之间通过连接件形成“声桥”的效果，试验结果表明这种结构只能略微提高隔声性能。

上述措施虽能在一定程度上提高轻质木地板的撞击声隔声性能，但仍难以达到更高的隔声标准。因此，也有

研究者对其他结构进行了一系列的隔声研究，发现交叉层压木材(CLT)地板具有很大的隔声潜力。它是目前一种新型结构，具有较高的刚度、密度、工厂化预制性和声学试验可靠性。然而，它也有低频隔声差的缺点，这是木结构隔声的一个常见问题。针对这一现象，研究发现将具有良好透气性的无纺布压入其结构层中，可以提高其低频隔声性能。

1 材料和测试

1.1 试样

共构建和测试了CLT楼板和TCC楼板两种楼板试件。底板试件由以下构件组成：(a)一个底板；(b)四个纵向胶合木梁和两个横向胶合木梁。楼板基础平面尺寸均为3m×4.2m，胶合木梁截面尺寸均为0.1m×0.2m。裸地板厚度均设计为80mm，以满足住宅建筑的一般尺寸要求，并通过装修验证地板是否能满足隔声规范。

1.2 实验测试

试验在某声学实验室进行，地板撞击声隔声实验室包括一个声源室和一个接收室，尺寸分别为6.5m×5.7m×5.1m和5.7m×5.1m×3.8m(长×宽×深)。为了消除结构声传递的影响，两个腔室采用橡胶连接，实验室采用双层混凝土围护墙隔离外界噪声的干扰。试件孔面积为3.1m×4.3m，试件周围预留50mm凹槽。每次试验前应对密实度高的干硬水泥砂浆进行槽内填充，以减少侧向声传播。

除地板撞击器外,测试中的所有测量仪器均由杭州爱华生产,包括一对固定麦克风,手持式双通道分析仪,功率放大器和十二面体扬声器(见图1)。

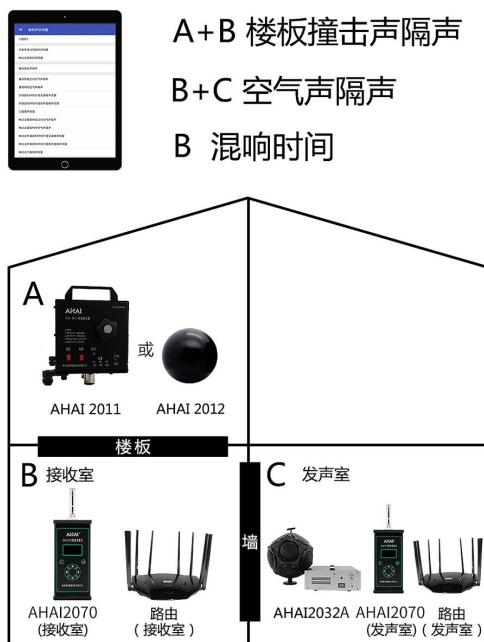


图 1 实验仪器

在50Hz~5000Hz的1/3倍频带内测量计算撞击声隔声声压级,共设置7个撞击点和对应的7组接收点(每组对应2个测量点),采用单号量对地板的撞击声隔声性能进行定量评价。

1.2.1 CLT 地板与 TCC 地板的对比试验

试验得到各楼层全频率的冲击声压级,试验结果如图2和表1所示。

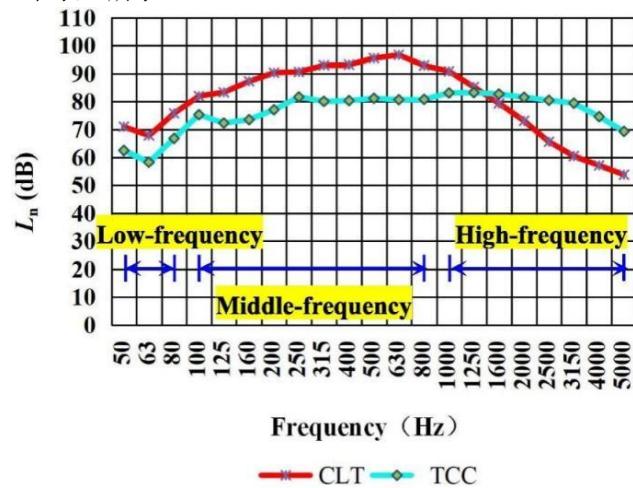


图 2 撞击声声压水平-频率曲线

表 1 裸地板单号评价量试验结果

地板	$L_{n,w}/\text{dB}$	$\Delta L_w/\text{dB}$	$C_{1,50-2500}/\text{dB}$	$C_{1\Delta}/\text{dB}$	$\Delta L_{lin}/\text{dB}$
CLT	90	—	-2.2	—	—
TCC	88	—	-10.7	—	—

从表1的数据可以看出,TCC地板在大多数频段的声学性能都优于CLT地板。这主要是由于CLT地板重量轻,表面密度小,无法隔离波长较长的声音,因此CLT地板在中低频的声学性能较差。相反,TCC地板较重,更容易隔离低频声波。然而,TCC地板会产生刺耳的高频声波,导致中高频声学性能较差。此外,住宅楼层加权归一化冲击声压级的实验室测试值应小于75dB,根据我国隔声规范,高需求住宅应小于65dB。

2 讨论

由于两层裸地板均不能满足两种隔声要求,因此采用浮动地板(包括方案A、方案B和方案C)和吊顶(包括方案D和方案E)两种方案来提高声学性能。浮动地板中,A方案为隔声垫、膨胀珍珠岩水泥、复合木地板的复合地板,B方案为隔声垫、细木工板、复合木地板的复合地板。而

方案C是由隔声垫、膨胀珍珠岩水泥、水泥砂浆、复合木地板组合而成的复合地板。

2.1 解决方案一

图3(a)为浮动楼板归一化冲击声压水平-频率曲线。浮动楼板试验结果汇总如表2所示。结果表明,浮动楼板方案对两层均有有效的改善,能够满足我国隔声规范较低的要求。这主要归因于膨胀珍珠岩水泥砂浆和隔声垫的高耗能特性,尤其是前者。此外,由于浮楼板形成了“楼板-隔声垫-膨胀珍珠岩水泥砂浆”的弹性体系,可以起到较好的隔声作用。对于CLT地板,该方案可以提高整个频率的隔音效果,特别是中高频(可达30dB)。并且在低频处有明显的改善,在一定程度上为木地板低频隔声缺陷提供了参考。对于TCC地板,该解决方案在中高频(高达50dB)发挥关键作用,而在低频几乎没有作用。

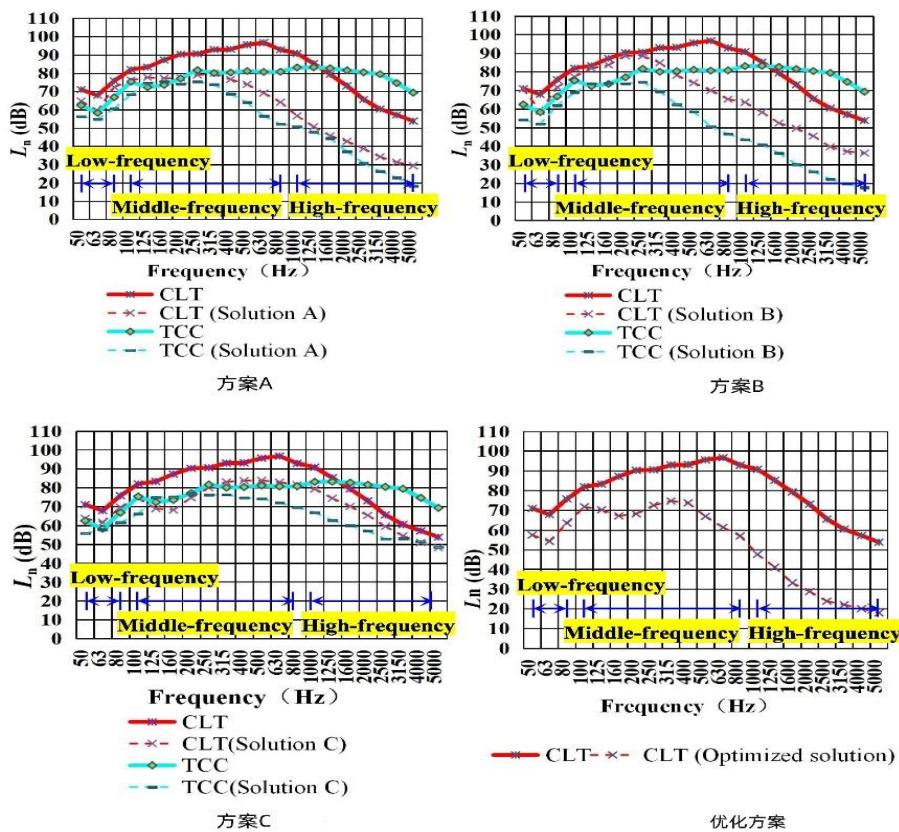


图3 楼板撞击声隔声声压水平-频率曲线

表2 浮动楼板单数评价量的试验结果

地板		$L_{n,w}/\text{dB}$	$\Delta L_w/\text{dB}$	$C_{1,50-2500}/\text{dB}$	C_{1A}/dB	$\Delta L_{lin}/\text{dB}$
解决方案 A	CLT	72	16	0.1	-3.1	12.9
	TCC	67	20	0.2	-11.2	8.8
解决方案 B	CLT	78	10	1.2	-4.2	5.8
	TCC	64	21	0.8	-11.8	9.2
解决方案 C	CLT	79	9	-3.9	0.9	9.9
	TCC	70	16	-0.4	-10.6	5.4
优化解决方案	(CLT)	64	23	0.7	-3.7	19.3

2.2 解决方案 B

为了进一步改善两层的声学性能，本文采用方案 B。从图 3(b) 和表 2 可以看出，方案 b 也可以改善两层的隔声效果，其趋势与方案 A 相似，TCC 地板可以达到欧洲较低的要求，我国较高的要求，而 CLT 地板仍然不能达到这一要求。由此可见，空腔结构在隔声中起着重要的作用。此外，该方案对两层楼的隔声效果明显，在中高频和高频的隔声效果分别达到 28dB 和 55dB。

2.3 解决方案 C

对面层为陶瓷砖的浮动楼板的隔声特性也进行了实验测试，如图 3(c) 和表 2 所示。C 方案的隔声性能较 A、B 方案差，不能满足国内外对两层隔声的较高要求。主要原因是冲击器在冲击陶瓷砖时引入了高频尖锐声波，增加了中高频声音的传播。因此，两层在中高频的隔声改善相对较小。考虑到铺设厚水泥砂浆层有利于隔离低、中频段的声波，该方案显著提高了 CLT 地板的低、中频段的隔声

性能。

2.4 优化解决方案

以上方案均改善了 CLT 楼板的声学性能,但不能满足更高的要求。然而,在试验过程中,存在多种浮楼方案的测试。在 CLT 地板上设置较厚的水泥砂浆材料可以改善隔声效果,建议设置较厚的砂浆层进行试验。因此,对 CLT 楼板额外设置优化方案,从图 3(d) 和表 2 可以看出,该方案显著提高了全频率的性能,满足了较高的要求。在浮式楼板中铺设水泥砂浆层(厚度 $\geq 60\text{mm}$)可满足更高的隔声要求。值得注意的是,该方案在中低频具有优异的隔声效果,主要依赖于表面密度较高的重水泥砂浆层的作用,再次验证了方案 C 中的猜测。

3 结论

本文介绍了 CLT 和 TCC 地板的撞击声隔声试验结果,并提出了有效的隔声改善方案。对不同方案的 CLT 和 TCC 地板在全频率范围内的声学性能进行了比较和分析。对于裸地板,TCC 地板在大多数频段的隔声性能都优于 CLT 地板。CLT 地板在低频处的隔声性能较差,而 TCC 地板在中高频处的隔声性能较差,这是由于材料的隔声性能不同所

致,三种方案的 TCC 隔声效果明显优于 CLT 地板。然而,上述所有解决方案的 CLT 地板不能满足更高的隔音标准。最后,通过附加的优化方案,CLT 可以达到更高的要求。

参考文献

- [1] 耿春雨,田亚雄,孙昀灿.住宅楼板噪声的影响与防治[J].建筑科技,2023,7(04):131-133.
- [2] 曾春燕,李玉良,吴新泽,等.楼板隔声材料的撞击声隔声实验室测量结果研究[J].中国建材科技,2023,32(05):5-8.
- [3] 谢思思.装配式混凝土夹芯叠合楼板性能研究[D].中南大学,2023. DOI: 10.27661/d.cnki.gzhnu.2023.003901.
- [4] 林建闽.关于建筑楼板减振隔声工艺的工程研究[C]//中国土木工程学会总工程师工作委员会.中国土木工程学会总工程师工作委员会第二届总工论坛会议论文集.《施工技术(中英文)》编辑部,2022:3. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.078342.

作者简介:顾彧,1991年2月,男,汉,籍贯:江苏省南通市海门县、本科、工程师,绿色建筑材料。