

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50412 - 2007

厅堂音质模型试验规范

Code for test of scale acoustic model for auditorium

2007 - 04 - 17 发布

2007 - 09 - 01 实施

中华人民共和国建设部 联合发布
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中华人民共和国国家标准

厅堂音质模型试验规范

Code for test of scale acoustic model for auditorium

GB/T 50412 - 2007

主编部门：中华人民共和国建设部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2007年9月1日

中国建筑工业出版社

2007 北 京

中华人民共和国建设部 公 告

第 631 号

建设部关于发布国家标准 《厅堂音质模型试验规范》的公告

现批准《厅堂音质模型试验规范》为国家标准，编号为 GB/T 50412-2007，自 2007 年 9 月 1 日起实施。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
2007 年 4 月 17 日

前 言

本规范是根据原国家计划委员会计综 [1986] 2630 号文件和建设部建标标便 [2004] 4 号文的要求, 由清华大学会同中国建筑科学研究院共同编制完成。

编制组在深入调查研究, 长期大量实验工作的基础上, 认真总结实践经验, 并广泛征求意见, 进行了反复修改, 最后经审查定稿。

本规范共分七章和一个附录。其主要内容是: 1. 总则; 2. 术语; 3. 厅堂音质模型的制备; 4. 测量系统; 5. 测量方法; 6. 空气吸收修正与结果表达; 7. 模型内表面材料吸声系数测量。

本规范由建设部负责管理, 由清华大学负责具体技术内容的解释。在执行本规范过程中, 希望各单位在工作实践中注意积累资料, 总结经验, 请将有关意见和资料寄交清华大学建筑学院 (地址: 北京市海淀区清华大学中央主楼 104; 邮政编码: 100084), 以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 清华大学

参 编 单 位: 中国建筑科学研究院

主要起草人: 王炳麟 燕 翔 徐学军 林 杰 谭 华

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 厅堂音质模型的制备	3
4 测量系统	4
4.1 声源设备	4
4.2 接收设备	4
5 测量方法	6
5.1 动态范围	6
5.2 测量频率	6
5.3 测量条件与测点选择	6
6 空气吸收修正与结果表达	8
7 模型内表面材料吸声系数测量	10
附录 A 空气吸收系数 $4m$ 的计算和常用数值表	11
本规范用词说明	14
附：条文说明	15

1 总 则

1.0.1 为规范厅堂音质模型试验方法和测量条件，提高音质模型在厅堂设计中预测音质参数的准确度，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于在厅堂音质设计用的缩尺模型中，预测厅堂的短延时反射声序列分布（脉冲声响应）、混响时间和声场不均匀度。

1.0.3 厅堂音质模型试验，除应符合本规范的要求以外，还应符合国家现行有关标准和规范的要求。

2 术 语

2.0.1 厅堂音质模型 scale acoustic model of auditorium

本规范所指厅堂音质模型是厅堂音质设计阶段，为预测所设计的厅堂建成后的音质状况而制作的三维缩尺模型。模型的内部形状及内表面材料的吸声系数与所设计的实际厅堂应一一对应，模型内声传播介质为空气。

2.0.2 缩尺比 scale factor

所设计的实际厅堂线性长度与厅堂模型的线性长度之比，以整数表示。

2.0.3 短延时反射声序列分布 the sequence distributing of short time sound reflecting

即脉冲声响应，是厅堂在单位脉冲声信号激励下，厅堂内某测点声压随时间变化的函数。

3 厅堂音质模型的制备

3.0.1 厅堂音质模型可采用达到声学界面模拟要求的材料制作，可采用木龙骨架、密度板、大芯板、九合板等材料做底层。厅堂中以反射为主的石材、玻璃、水泥面等界面（平均吸声系数小于0.05），可在木面板上直接刷漆作为模拟。纸面石膏板、木板和金属板可采用三合板刷漆作为模拟。灯光口、喇叭口等强吸声开口可采用10mm厚的海绵或棉毡作为模拟。厅堂音质模型的表面吸声系数应满足本规范第3.0.3条的要求。厅堂音质模型，当用于预测本规范第1.0.2条规定的全部音质参数时，缩尺比 n 不宜大于10；当仅用作预测反射声序列分布时，缩尺比 n 可适当增大。

3.0.2 厅堂音质模型的内表面形状，可在实际厅堂设计的基础上作适当简化，但应保留在实际厅堂中大于等于17cm的起伏。

3.0.3 厅堂音质模型的内表面各个部分（包括观众席）的吸声系数，在试验中测量中心频率上应与实际厅堂表面相对应的中心频率上的吸声系数相一致，可有 $\pm 10\%$ 的误差。

3.0.4 厅堂音质模型的外壳应有足够的隔声量，测试频带范围内，隔声量应不小于30dB。应保证模型试验的房间具有足够安静的环境，背景噪声不应大于30dB(A)。

3.0.5 有与观众厅通过台口相连通的单独舞台空间的厅堂，模型应包括舞台部分。

4 测量系统

4.1 声源设备

4.1.1 使用脉冲声法测量短延时反射声序列分布和使用脉冲响应反向积分法测量混响时间时，所用的声源信号应为高压放电脉冲声。使用声源切断法测量混响时间和使用声压级对比法测量声场分布时，所用的声源信号应为球形无指向扬声器。

4.1.2 试验用高压放电脉冲声的脉冲宽度应不大于 $200\mu\text{s}$ ，自由场中 1m 处峰值声压级在测量频段内宜不小于 100dB。试验用球形无指向扬声器可采用 12 只特性一致的单体扬声器组合而成，灵敏度应大于 80dB，无指向性。高压放电脉冲声源、扬声器声源的线性尺寸不应超过厅堂模型长、宽、高中最小尺寸的 1/20。声源位置应与实际厅堂测试时的位置相对应。

4.1.3 厅堂音质模型试验进行混响时间测量时，可采用声源切断法或脉冲响应反向积分法。若测试设备条件许可，宜采用脉冲响应反向积分法。

4.2 接收设备

4.2.1 厅堂音质模型试验的接收设备应包括传声器、信号放大器和示波器。示波器可采用计算机及其图形记录设备。

4.2.2 厅堂音质模型试验中，作为接收设备所用的传声器和电缆系统应满足现行国家标准《声级计的电声性能及测试方法》GB/T 3785 规定的 1 型声级计的要求。倍频程或 1/3 倍频程滤波器应符合现行国家标准《倍频程及分数倍频滤波器》GB/T 3241 的规定。

4.2.3 传声器在测试频段上应具有无指向性，传声器的话筒头

直径宜用 $\frac{1}{8}$ " (3.17mm)，最大不应大于 $\frac{1}{4}$ " (6.35mm)。

4.2.4 每次测量前后，应采用准确度高于 $\pm 0.3\text{dB}$ 的声级校准器对整个测量系统进行校准。声级校准器和测量系统宜每年送法定计量部门检定。

4.2.5 声级计的时间常数应设定为 $\frac{1}{16}\text{s}$ 。对于计算机控制的数字记录设备，采样频率不应小于 100kHz 。

4.2.6 传声器在模型中摆放高度应为 $1.2\text{m}/n$ ，主轴指向上方。

5 测量方法

5.1 动态范围

5.1.1 在厅堂音质模型试验的短延时反射声序列分布测量中，测量的时间范围（延时）应在直达声之后不小于 $200\text{ms}/n$ 。

5.1.2 混响时间测量时，各测量频率的衰减曲线的衰减范围不应小于 35dB。

5.2 测量频率

5.2.1 厅堂音质模型试验的混响时间和声场不均匀度的测量中心频率至少应包括： $125\text{Hz} \times n$ ； $250\text{Hz} \times n$ ； $500\text{Hz} \times n$ ； $1000\text{Hz} \times n$ ； $2000\text{Hz} \times n$ 。

5.2.2 测量频率带宽应为 1/3 倍频程带宽。

5.2.3 如厅堂音质模型试验所用的声源设备能够发出 $4000\text{Hz} \times n$ 的信号，且模型中此频率的接收信号噪声比在 35dB 以上，则频率可扩展到 $4000\text{Hz} \times n$ 。

5.3 测量条件与测点选择

5.3.1 应准确测定并记录试验时模型内空气的温度和相对湿度，精度应分别达到 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 和 $\pm 2.5\%$ 。

5.3.2 测量位置应根据测量目的的不同而进行选择，宜较好地有代表性地覆盖厅堂。轴对称的厅堂，可在对称轴的半边进行测点选择。

5.3.3 从传声器至包括地面的最近反射面的距离宜不小于波长的 1/4。

5.3.4 混响时间测量时，模型观众厅内一层池座测点不宜少于 5 个，楼座测点不宜少于 3 个，贵宾席、重要包厢等处宜放置测

点；舞台上测点不宜少于 3 个。

5.3.5 测量反射声序列分布和声场不均匀度时，模型观众厅内测点宜隔排隔列密布，在声学存在缺陷的区域宜逐座布置；舞台上测点可根据需要进行布置。

6 空气吸收修正与结果表达

6.0.1 模型中测得的混响时间的数值,应按 6.0.1-1 式进行空气吸收修正:

$$T = \frac{K}{K / (T_m \cdot n) - (4m_m/n - 4m)} \quad (6.0.1-1)$$

$$K = 55.26/c \quad (6.0.1-2)$$

$$c = 331.5 + 0.61t \quad (6.0.1-3)$$

式中 T ——修正后的厅堂混响时间 (s);

K ——常数项;

c ——声速 (m/s);

t ——空气温度 (°C);

T_m ——模型中测得的混响时间 (s);

$4m_m$ ——模型试验时的温度湿度条件下,各中心频率的空气吸收系数;

$4m$ ——设计厅堂在正常温湿度条件(一般取温度 20°C,相对湿度 60%)下的各中心频率的空气吸收系数。其值按附录 A 求得。

6.0.2 厅堂音质模型试验的短延时反射声序列分布测量的结果,应用模型厅堂内测点的脉冲声响应图谱(回声图)表示。

6.0.3 混响时间测量表达形式应至少包括体积、表面积、模拟材料吸声系数和模拟材料的表面积等模型基本参数,测试设备框图,测点的混响时间频率特性分布图,模型内测点分布平面图。

6.0.4 声场不均匀度应为最高声压级与最低声压级之差,表达形式宜包括模型内各测点在测试频率上相对于观众厅池座第一排

中央座位上声压级的差值。

6.0.5 测试报告中，测量频率应标其模拟的实际厅堂的测量频率。

7 模型内表面材料吸声系数测量

7.0.1 模型内表面材料吸声系数测量，应在缩尺混响室中进行。缩尺混响室及试件的线性尺寸应为实际混响室及试件尺寸除以缩尺比 n 。模型混响室可采用厚度为 10mm 的有机玻璃板、玻璃板或厚度 2mm 以上的不锈钢板制作，体形和扩散尺寸乘以缩尺比后应符合现行国家标准《声学 混响室吸声测量》GB/T 20247 对混响室的要求。

7.0.2 模型内表面材料的吸声系数的测量频率应按本规范第 5.2.1 条的规定，测量和计算方法应符合现行国家标准《声学 混响室吸声测量》GB/T 20247 的要求。

7.0.3 在用于模型内表面材料吸声系数测量的缩尺混响室中得到的混响时间，应按本规范公式 (6.0.1-1) 修正。应根据修正后的混响时间值计算得出吸声系数。

附录 A 空气吸收系数 $4m$ 的计算 和常用数值表

A. 0.1 空气吸收系数 $4m$ 可按式计算或查表 A. 0. 1-1、表 A. 0. 1-2 求得。

$$4m = 4 \times \frac{\alpha}{10 \times \lg(e)} \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

式中 α ——国家标准《声学——户外声传播衰减》GB/T 17247
中每米空气吸收衰减系数，单位为 m^{-1} ；

e ——自然常数，取值 2. 7182818。

**表 A. 0. 1-1 标准大气压 (101. 325kPa) 时空气
吸收系数 $4m$ 值，室温 20℃**

频率 (Hz)	相对湿度 (%)					
	20	25	30	35	40	45
1000	0. 00602	0. 00507	0. 00460	0. 00437	0. 00428	0. 00426
1250	0. 00867	0. 00707	0. 00620	0. 00572	0. 00545	0. 00531
2000	0. 0199	0. 0156	0. 0130	0. 0114	0. 0103	0. 00959
2500	0. 0298	0. 0232	0. 0192	0. 0165	0. 0147	0. 0135
4000	0. 0688	0. 0547	0. 0450	0. 0383	0. 0335	0. 0300
5000	0. 100	0. 0814	0. 0677	0. 0578	0. 0505	0. 0450
10000	0. 261	0. 247	0. 223	0. 199	0. 178	0. 161
20000	0. 466	0. 526	0. 550	0. 549	0. 533	0. 509
40000	0. 721	0. 863	0. 984	1. 0782	1. 146	1. 190

续表 A. 0. 1-1

频率 (Hz)	相对湿度 (%)					
	50	55	60	70	80	90
1000	0.00429	0.00435	0.00442	0.00458	0.00474	0.00488
1250	0.00525	0.00526	0.00529	0.00542	0.00559	0.00577
2000	0.00910	0.00877	0.00854	0.00832	0.00829	0.00836
2500	0.0126	0.0119	0.0114	0.0108	0.0105	0.0104
4000	0.0273	0.0252	0.0236	0.0213	0.0197	0.0187
5000	0.0407	0.0374	0.0347	0.0308	0.0281	0.0262
10000	0.146	0.134	0.124	0.108	0.0966	0.0878
20000	0.483	0.456	0.431	0.387	0.350	0.320
40000	1.214	1.222	1.217	1.184	1.135	1.0799

表 A. 0. 1-2 标准大气压 (101.325kPa) 时空气
吸收系数 $4m$ 值, 室温 25℃

频率 (Hz)	相对湿度 (%)					
	20	25	30	35	40	45
1000	0.00540	0.00497	0.00485	0.00487	0.00497	0.00509
1250	0.00737	0.00648	0.00610	0.00597	0.00597	0.00604
2000	0.0157	0.0129	0.0113	0.0104	0.00984	0.00954
2500	0.0233	0.0187	0.0160	0.0143	0.0133	0.0126
4000	0.0546	0.0432	0.0360	0.0312	0.0279	0.0256
5000	0.0817	0.0650	0.0541	0.0466	0.0413	0.0374
10000	0.257	0.221	0.191	0.166	0.147	0.132
20000	0.584	0.596	0.573	0.536	0.497	0.461
40000	0.980	1.135	1.238	1.293	1.312	1.305
频率 (Hz)	相对湿度 (%)					
	50	55	60	70	80	90
1000	0.00522	0.00536	0.00548	0.00570	0.00584	0.00593
1250	0.00616	0.00630	0.00644	0.00673	0.00698	0.00718

续表 A.0.1-2

频率 (Hz)	相对湿度 (%)					
	50	55	60	70	80	90
2000	0.00939	0.00935	0.00938	0.00957	0.00986	0.0102
2500	0.0122	0.0119	0.0117	0.0117	0.0119	0.0121
4000	0.0238	0.0225	0.0215	0.0203	0.0196	0.0192
5000	0.0344	0.0322	0.0304	0.0280	0.0264	0.0255
10000	0.121	0.111	0.103	0.0911	0.0826	0.0762
20000	0.427	0.398	0.373	0.331	0.298	0.273
40000	1.282	1.248	1.210	1.129	1.052	0.982

本规范用词说明

1 执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词，说明如下，以便在执行中区别对待。

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明必须按其他有关标准执行的写法为：

“应按……执行”或“应符合……要求（规定）”。