

**T/CECS** XXX- 202X

**中国工程建设标准化协会标准**

音乐厅建筑声学设计标准

Code for architectural acoustics design of concert hall

（征求意见稿）

**202x 北京**

**中国工程建设标准化协会标准**

音乐厅建筑声学设计标准

Code for architectural acoustics design of concert hall

**T/CECSXXX XXXX**

 主编单位：华东建筑设计研究院有限公司

 批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 X年X X月X X日

XXX出版社

20×× 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019年第一批工程建设协会标准制订、编制计划>的通知》（建标协字[2019]12号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，在广泛征求了有关方面的意见的基础上，编制了本规程。

本规程共分6章，主要技术内容是：总则、术语、体型、音质参数、噪声及振动控制、设计验证。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由华东建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：上海市石门二路258号，邮政编码：200041）。

主编单位：华东建筑设计研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：xxx

主要审查人：xxx

**目 录**

[1 总 则 1](#_Toc74904653)

[2 术 语 2](#_Toc74904654)

[3 体 型 4](#_Toc74904655)

[3.1 一般规定 4](#_Toc74904656)

[3.2 体型要求 4](#_Toc74904657)

[4 音质参量 5](#_Toc74904658)

[4.1 一般规定 5](#_Toc74904659)

[4.2 音质指标 5](#_Toc74904660)

[5 噪声及振动控制 8](#_Toc74904661)

[5.1 一般规定 8](#_Toc74904662)

[5.2噪声限值 8](#_Toc74904663)

[5.3 噪声与振动控制要求 9](#_Toc74904664)

[6 设计验证 10](#_Toc74904665)

[6.1 一般规定 10](#_Toc74904666)

[6.2 设计验证 10](#_Toc74904667)

[6.3现场测量 10](#_Toc74904668)

[本标准用词说明 11](#_Toc74904669)

[引用标准名录 12](#_Toc74904670)

附：[条文说明 13](#_Toc74904671)

**Contents**

[1 Genral Provisions 1](#_Toc25916)

[2 Terms 2](#_Toc11383)

[3 Shape](#_Toc20239) 4

[3.1 General Requirements 4](#_Toc29027)

[3.2 Shape Requirements](#_Toc3744) 4

[4 Acoustics Parameter 5](#_Toc23878)

[4.1 General Requirements 5](#_Toc29027)

[4.2 Acoustics Target](#_Toc3744) 5

[5 Noise and Virbation Control](#_Toc21927) 8

[5.1 General Requirements](#_Toc18625) 8

[5.2 Noise Limition](#_Toc16866) 8

[5.3 Noise and Vibration Control Requirements](#_Toc19708) 9

[6 Architectural Acoustics Measurement 10](#_Toc15928)

[6.1 General Requirement 10](#_Toc22099)

[6.2 Design Verification 10](#_Toc30744)

[6.3 Site Measurement 10](#_Toc5961)

[Explanation of Wording in This Standard 11](#_Toc34300523)

L[ist of Quoted Standards 12](#_Toc34300524)

Addition：Explanation of Provisions13

**1 总 则**

1.0.1 为使音乐厅的建筑声学设计满足使用功能要求，具有良好的音质，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建、改建音乐厅的建筑声学设计、声学设计验证。

1.0.3 本标准规定了音乐厅建筑声学设计适合的工作范围、内容、技术要求、音质参量及设计验证方法。

1.0.4 建筑声学设计包括音质设计和噪声振动控制设计，应参与音乐厅设计的全过程，并与建筑、机电和室内设计等有关专业同步进行，密切配合。为保证本规范的实施和对工程质量的检验，设计文件应包括声学设计计算书、声学构造节点做法和说明。

1.0.5 音乐厅建筑声学设计除应符合本标准外，应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 音质 Acoustic Quality [of room] 房间中传声的质量。房间音质的主要决定因素是混响、反射声序列时空结构特性和噪声级。音乐厅音质评价由音乐的欣赏价值决定。

**2.0.2** 音质设计 Acoustic Quality Design

在建筑设计过程中，从音质上保证建筑物符合要求所采取的措施。

**2.0.3** 混响时间 Reverberation Time

声音已达到稳定后停止声源，平均声能密度自原始值衰变到百万分之一（60dB）所需要的时间。

**2.0.4** 早期衰变时间 Early Decay Time - EDT

一般指声音已达到稳定后停止声源，最初10dB衰变所需时间的6倍。

**2.0.5** 明晰度因子C80 clarity

一般是指80ms以内声能与80ms后声能之比。

**2.0.6** 初始时延间隙Initial-Time-Delay Gap - ITDG

到达接收点的第一反射声与直达声之间的时间差，以ms计。。

**2.0.7** 早期侧向声能比Lateral Fraction - LF

一般指前80ms内从侧面到达的声能与总声能的比。

**2.0.8** 双耳互相关系数Inter-Aural Cross Correlation - IACC

一般指同一声信号在双耳间产生的差异。

**2.0.9**  舞台支持度 Stage Support Factor

音乐厅包括顶棚和四壁以及反射板给予舞台上音乐家的支持程度，一般指舞台上离一无指向性声源1m处测得的100毫秒内的反射声与直达声声能的比值，以dB计。

**2.0.10** 直达声 Direct Sound

自声源未经反射直接传到接收点的声音。

**2.0.11** 早期反射声 Early Reflection

在房间内可与直达声共同产生所需音质效果的各反射声。一般是指延迟50ms以内的反射声。

**2.0.12** 强度因子Sound Strength - G

厅堂内某一座位来自舞台上一个无指向性声强的声能与同一声源在消声室中10m距离处测得的声能之比，取以10为底的对数再乘以10，以dB计。

**2.0.13** 回声 Echo

大小和时差都大到足以能和直达声区别开的反射声或由于其他原因返回的声。

**2.0.14** 颤动回声 Flutter echo

同一个原始脉冲声引起的一连串紧跟的反射脉冲声。

**2.0.15** 多重回声 Multiple echo

同一声源所发声音的一串可分辨的回声。

**2.0.16** 倍频程 Octave

两个基频相比为2的声或其他信号间的频程。

**2.0.17** 倍频程带声压级 Octave band sound pressure level

频带宽度为1倍频程的声压级，基准声压为20μPa。

**2.0.18** 噪声级 Noise level

其种类必须加定语或上下文说明。在空气中即声级。计权应指明，否则指A声级。

**2.0.19** 噪声评价曲线 NR noise rating curve

对噪声的允许值按不同倍频带声压级进行评价的一簇曲线，每一曲线由其在1000Hz的倍频带声压级数作为评价值，又称NR值。进行评价时，取各倍频带中达到最高限制曲线的NR值为准。

**2.0.20** 环境噪声 Environmental noise

在某一环境下总的噪声。常是由多个不同位置的声源产生。

**3 体 型**

**3.1 一般规定**

**3.1.1** 音质设计要求音乐厅具有与功能相适应的体型，包括合理的观众厅与舞台体型、反射声结构和表面声扩散处理等。

**3.1.2** 音乐厅室内的长宽高和体量大小应满足音质的要求。

**3.2 体型要求**

**3.2.1** 音乐厅每座容积宜为符合下列规定：

**表3.1 音乐厅每座容积**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅类别 | 每座容积指标（m3/座） |
| 交响乐厅 | 9~15 |
| 室内乐厅 | 7~13 |

注：采用耦合空间设计的音乐厅不限于上述范围。

**3.2.2** 音乐厅的平、剖面形式应使观众席上的早期反射声丰富，且强度足够、时间间隔均匀。

**3.2.3** 音乐厅设置楼座眺台或包厢时，眺台的挑出深度宜小于楼座下开口净高的1.2倍；且楼座、池座及包厢的后排净高及吊顶下沿至观众席地面的净高宜大于2.80m。

**3.2.4** 音乐厅的墙面和顶面应布置适当的扩散造型。

**3.2.5** 观众席的每排座位升高应使任一听众的双耳充分暴露在直达声范围之内，并不受任何障碍物的遮挡。每排座位升高应根据视线升高差值“C”值确定，“C”值宜≥12cm。

**3.2.6** 舞台的建筑尺寸应该保持在合理的范围内，平均宽度不宜超过18m，平均深度不宜超过13m。舞台的侧墙宜利于声能向大部分观众席反射。

**3.2.7** 声音反射板的功能是给乐队和前区观众席提供早期反射声，设置声音反射板时建议高度可调。

**3.2.8** 排练厅、琴房等辅助用房的体型应进行设计，但体型也不宜采用过分的不规则形状。应有利于在辅助用房中的排练，不应过于狭窄和局促。

**3.2.9** 音乐厅听众席的形体设计应保证尽可能多的听众正向面对舞台和乐队。

**4 音质参量**

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 音乐厅可根据演出类型的不同而分类。不同的音乐演出，其音质要求也有所不同。总体上，良好的音乐厅应具有足够的响度、优良的明晰度、合适的混响感、较强的空间感、整体感觉温暖亲切；同时对舞台上的乐队有良好的声学支持，有利于乐队的相互听闻和乐队声音的融合。

**4.1.2** 以独奏、协奏、和小乐队组合为主的音乐宜在具有良好的明晰度、亲切感、和空间感的中小型音乐厅演出。

**4.1.3** 对于有特别需求的音乐厅，满足其音乐的艺术创作性，可对音乐厅各个音质参数进行特殊设计。

**4.1.4** 演出时音乐厅内任何位置上不得出现回声、多重回声、颤动回声、声聚焦和共振等可识别的声缺陷。

**4.1.5** 音乐厅的音响系统设计应与建筑声学设计密切配合，避免扬声器的布置对厅内音质产生不利影响。

**4.1.6** 排练厅等辅助用房不应出现出现明显的回声、多重回声、颤动回声、声聚焦和共振等可识别的声缺陷。

**4.2 音质指标**

**4.2.1** 混响时间

**1** 当频率在中频500～1000Hz时，音乐厅满场混响时间选择宜符合表5.1 的规定。

**表4.1满场混响时间范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅类别 | 混响时间（s） |
| 交响乐厅 | 1.6～2.2 |
| 室内乐厅 | 1.4～1.8 |

注：相对容积大的音乐厅适宜表中略大的混响时间值；对于演奏民族音乐为主的音乐厅适宜表中略小的混响时间值。

**2** 满场混响时间的频率特性比值（相对于500Hz~1000Hz的比值）宜符合表5.2的规定。

**表4.2满场混响时间频率特性比值**

|  |  |
| --- | --- |
| 频率（Hz） | 混响时间比值 |
| 125 | 1.0~1.2 |
| 250 | 1.0~1.1 |
| 2000 | 0.9~1.0 |
| 4000 | 0.8~1.0 |

**3** 观众厅满场混响时间应分别对125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz等6个频率进行计算。

**4** 舞台区域混响混响时间应与观众区混响时间保持一致。

**5** 根据不同的使用功能要求，音乐厅可设置可变混响装置；通过物理手段改变吸声量或体量大小，则需要考虑其对其它参数（如强度因子、明晰度因子等）的影响；通过采用多声道虚拟电子混响装置的，需考虑避免电子可调混响系统的声染色情况。

**4.2.2** 早期衰变时间作为表示混响感的补充参量，宜与混响时间大小一致，不应小于混响时间的0.8倍。

**4.2.3**当频率在500Hz~1000Hz时，不同类型的音乐厅观众区明晰度因子宜符合表5.3的规定。民乐音乐厅的明晰度可以适当提高，有利于音乐细节的听感。

**表4.3空场明晰度范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅类别 | 明晰度（dB） |
| 交响乐厅 | -3.0～1.0 |
| 室内乐厅 | -2.0～2.0 |

**4.2.4** 当频率在500Hz~1000Hz时，不同类型的音乐厅观众区强度因子宜符合表4.4的规定；同时保证观众席各处有合适的响度，强度因子的不均匀度宜符合表4.5的规定。民乐音乐厅的强度因子可以适当提高，有利于小音量的民族乐器的演奏。

**表4.4空场强度因子范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅类别 | 强度因子（dB） |
| 交响乐厅 | 2.0~8.0 |
| 室内乐厅 | 7.0~13.0 |

**表4.5强度因子不均匀度范围（500~1000）**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅类别 | 强度因子不均度（dB） |
| 交响乐厅 | ≤8.0dB |
| 室内乐厅 | ≤6.0dB |

**4.2.5** 音乐厅应有合适的侧向反射声能比，观众席各个位置宜有明显的提供侧向早期反射声的反射面；对于缺乏直接侧向早期声音反射装饰面的观众席区域，宜在适当装饰面上做声音扩散处理，补充该区域的侧向反射声能。

**4.2.6**当频率在250Hz~2000Hz时，不同类型的音乐厅观众区舞台支持度宜符合表4.6的规定：

**表4.6空场舞台支持度范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅类别 | 舞台支持度（dB） |
| 交响乐厅 | ≥-15dB |
| 室内乐厅 | ≥-13dB |

**4.2.7**音乐厅辅助用房500Hz~1000Hz混响时间要求宜符合表6.7的规定：

表4.7音乐厅辅助用房混响时间要求

|  |  |
| --- | --- |
| 房间类型 | 混响时间（s） |
| 音响控制室 | 0.3~0.5（平直） |
| 多功能排练厅 | 0.6~1.0 |
| 乐队排练厅 | 1.0~1.2 |
| 合唱排练厅 | 0.6~0.8 |
| 琴房 | 0.2~0.4（平直） |

**5 噪声及振动控制**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 应考虑防止各项噪声源对音乐厅的干扰。这些噪声源包括下列方面：

**1** 建筑物内设备噪声及振动。包括空调送回风系统噪声、通风换气系统噪声、灯具系统及其它电器系统噪声、设置在观众厅内的各种舞台设备噪声、出入口门开关碰撞声和座椅翻动声等噪声。

**2** 外界传入观众厅的噪声及振动。既包括来自房屋内其它部分的噪声，如来自门厅、休息厅、前厅的喧哗，舞台设施、设备机房、辅助用房、办公室和厕所等处的噪声，也包括户外交通噪声及振动（车辆、铁路、航空等）以及其它社会噪声。

**3** 与音乐厅建筑相关设施的其它噪声源。

**5.1.2** 不论发自厅内还是厅外有关本房屋设施的噪声源，其对环境的影响应符合现行国家标准《社会生活环境噪声排放标准》GB22337的规定。

**5.1.3**噪声控制设计要求音乐厅围护结构具有足够的隔声性能，对室内噪声及振动设备进行有效的隔声、隔振处理。

**5.2噪声限值**

**5.2.1** 观众区和舞台内无人占用时，在通风、空调、照明等设备工作条件下，噪声级的限值宜根据具体建造情况符合下表6.1规定噪声指标范围。各NR值的倍频程带声压级如表6.2所示。

**表5.1音乐厅内噪声限值范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 音乐厅内噪声 | 噪声评价曲线 |
| 高限 | ≤NR15 |
| 低限 | ≤NR25 |

**表5.2噪声评价曲线NR值对应的各个倍频带声压级**

|  |  |
| --- | --- |
| NR值 | 倍频带中心频率（Hz） |
| 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| NR-15 | 65 | 47 | 35 | 25 | 19 | 15 | 11 | 9 | 8 |
| NR-20 | 69 | 51 | 39 | 30 | 24 | 20 | 16 | 14 | 13 |
| NR-25 | 72 | 55 | 43 | 35 | 29 | 25 | 21 | 19 | 18 |
| NR-30 | 76 | 59 | 48 | 39 | 34 | 30 | 26 | 25 | 23 |

**5.2.2** 辅助用房噪声限值宜符合表5.3的规定。

**表5.3辅助用房噪声控制要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 房间类型 | 噪声评价曲线 |
| 音响控制室 | NR-30 |
| 多功能排练厅 | NR-35 |
| 乐队排练厅 | NR-30 |
| 合唱排练厅 | NR-35 |
| 琴房 | NR-30 |
| 前厅、休息厅、化妆间、演员休息室 | NR-35 |

**5.2.3** 宜评估轨道交通、铁路、道路等室外振源对音乐厅的振动及二次辐射噪声影响并采取必要的隔振措施，音乐厅内铅垂向Z振级应满足0类振动影响区域限值。

**表5.3  音乐厅内振动限值（dB）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 区域 | 昼间 | 夜间 |
| 0类 | 65 | 62 |

**5.3 噪声与振动控制要求**

**5.3.1** 音乐厅选址应避开地铁、铁路、高架道路、快速公路、航道等强噪声和振动源；若无法避免，应采取相应的噪声与振动控制措施。

**5.3.2** 观众厅宜利用休息厅（廊）、前厅等作为隔绝外界噪声和防止对外界干扰的措施之一。休息厅（廊）和前厅宜做吸声降噪处理。观众厅的出入口宜设置声闸、隔声门。

**5.3.3** 观众厅和舞台的墙体、屋面、楼板应有良好隔声性能，以满足室内噪声限值标准。

**5.3.4** 空调机房、风机房、冷却塔、水泵房、冷冻机房、锅炉房等产生噪声及振动的设施，宜远离观众厅及舞台区域，并应采取有效的隔声、隔振、降噪措施。

**5.3.5** 应严格控制空调送回风系统噪声，观众厅宜采用下部送风方式，当观众厅下部设置静压箱时，静压箱内宜做隔声吸声处理。

**6 设计验证**

**6.1 一般规定**

6.1.1音乐厅建筑声学设计工作应包含建筑声学指标的设计验证与现场测量工作。

6.1.2音乐厅如有两种或两种以上声学条件变化的使用场景，应对每一种使用场景下的建筑声学指标分别进行测量。

**6.2 设计验证**

6.2.1建筑声学设计验证工作应至少包括初步设计阶段和施工图阶段两部分工作。

初步设计阶段，建筑声学设计应对音乐厅的建筑形体进行设计验证。使音乐厅建筑设计不存在明显的“颤动回声”、“声聚焦”等声学缺陷，声场扩散均匀，达到声学要求。

施工图阶段，建筑声学应在室内装修设计施工图的基础上进行设计验证，使建筑声学设计指标与验证结果相符。

6.2.2设计验证工作应使用能准确反映建筑形体、装饰装修材料布置的计算机三维模型或缩尺模型。

**6.3现场测量**

6.3.1为确保装修施工效果满足声学设计要求，在有条件的情况下，可在施工过程中对部分建筑声学设计指标进行阶段性测量。现场测量应包括建筑声学设计指标中所有客观指标。

6.3.2 音乐厅建设项目如果离地铁、铁路、高架道路、快速公路、航道等强噪声和振动源过近时，应进行振动评估与验收测试。

# 本标准用词说明

1. 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用语说明如下：
2. 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”。

1. 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”。

1. 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”。

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
2. 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1. 《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T50356-2005
2. 《声学 室内声学参量测量 第1部分：观演空间》GB/T 36075.1-2018
3. 《城市区域环境振动测量方法》GB10071-88
4. 《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准》JGJ/T 170-2009
5. 《室内混响时间测量规范》GB/T50076
6. 《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010
7. 《剧场建筑设计规范》JGJ57-2016
8. 《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》GBT 19889.4-2005
9. 《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第5部分：外墙构件和外墙空气声隔声的现场测量》GBT 19889.5-2006
10. 《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第7部分：楼板撞击声隔声的现场测量》GBT 19889.7-2005

**中国工程建设标准化协会标准**

**音乐厅建筑声学设计标准**

CECS xx：202×

**条文说明**

**目 录**

[1 总 则 1](#_Toc10519)

[2 术 语 4](#_Toc10388)

[3 体 型 7](#_Toc15887)

[3.1 一般规定 7](#_Toc23226)

[3.2 体型要求 7](#_Toc25237)

[4 音质参量 10](#_Toc4574)

[4.1 一般规定 10](#_Toc20010)

[4.2 音质指标 11](#_Toc7870)

[5 噪声及振动控制 17](#_Toc12490)

[5.1 一般规定 17](#_Toc29369)

[5.2噪声限值 18](#_Toc31335)

[5.3 噪声与振动控制要求 19](#_Toc6619)

[6 设计验证 21](#_Toc31540)

[6.1 一般规定 21](#_Toc11904)

[6.2 设计验证 22](#_Toc2886)

[6.3 现场测量 22](#_Toc23270)

**Contents**

**[1 Genral Provisions 1](#_Toc25916)**

**[2 Terms 3](#_Toc11383)**

**[3 Shape 1](#_Toc20239)1**

[3.1 General Requirements 3](#_Toc29027)4

[3.2 Shape Requirements 3](#_Toc3744)6

**[4 Acoustics Parameter 3](#_Toc23878)4**

[4.1 General Requirements 3](#_Toc29027)4

[4.2 Acoustics Target 3](#_Toc3744)6

**[5 Noise and Virbation Control 5](#_Toc21927)0**

[5.1 General Requirements 5](#_Toc18625)0

[5.2 Noise Limition 5](#_Toc16866)7

[5.3 Noise and Vibration Control Requirements](#_Toc19708) 74

**[6 Architectural Acoustics Measurement 8](#_Toc15928)3**

[6.1 General Requirement 8](#_Toc22099)3

[6.2 Design Verification 8](#_Toc30744)4

[6.3 Site Measurement 9](#_Toc5961)2

**1 总 则**

1.0.1本标准中的音乐厅是指音乐表演过程中不使用或主要不使用电子扩声设备进行各种音乐演出的室内空间场所，主要考虑常用的两种类型，即交响乐厅与室内乐厅。至于有类似功能用途的其他厅堂，可参照本标准执行。

1.0.2 本标准中对音乐厅的音质要求提出合理的范围与必要的最低要求。遵循《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T50356-2005制定原则，对音乐厅的声学设计不设分等分级标准。主要根据场馆的用途提出音质设计的标准。

音乐厅的音质要求不宜因扩建或改建而降低。

声学的设计内容与落地成果一致性非常重要，因此本标准增加了声学设计验证章节，主要是为了明确设计验证的内容、方式与步骤，使声学设计内容与落地成果相一致。

1.0.3 本标准考虑的音乐厅建筑声学设计是以自然声为出发点的，主要针对交响乐与室内乐为主的两种类型。如果表演过程中使用扩声系统，其音质效果在很大程度上依赖扩声系统设计，例如扬声器的选择与布局、扩声系统周边设备的设计和配置。当然，建筑声学设计上的密切配合也很重要，可参考执行本标准中的一些基本内容。

1.0.4 鉴于过去国内对大厅音质设计的经验，往往在建筑设计后期阶段建筑声学设计才介入，使许多基本音质考虑难以实现，一些音质缺陷亦难以纠正，为此强调音质设计和建筑、机电和室内设计等有关专业同步进行的重要性。

全过程的设计与验证不仅是设计经验的积累，更是要求声学设计成果正规化。为了声学设计的准确性，对于所选用的材料和构造需进行实验室测试以提供较确切的资料，尤其是对于一些新材料、特殊构造和对室内音质影响较大的构件。座椅的吸声性能往往对大厅音质有着较大的影响，因此在选用时除了考虑它的舒适性、美观等以外，应该把声学性能放在重要地位。

1.0.5相关参考标准包括：

《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T50356-2005

《声学 室内声学参量测量 第1部分：观演空间》GB/T 36075.1-2018

《城市区域环境振动测量方法》GB10071-88

《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准》JGJ/T 170-2009

《室内混响时间测量规范》GB/T50076

《民用建筑隔声设计规范》GB50118-2010

《剧场建筑设计规范》JGJ57-2016

《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》GBT 19889.4-2005

《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第5部分：外墙构件和外墙空气声隔声的现场测量》GBT 19889.5-2006

《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第7部分：楼板撞击声隔声的现场测量》GBT 19889.7-2005

# 2 术 语

本标准中有关声学方面的术语符号，按《声学名词术语》GB/T3947-1996、《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T50356-2005和《声学 室内声学参量测量 第1部分：观演空间》GB/T 36075.1-2018给出。个别标准未给出者由本标准编制组编写。

**3 体 型**

**3.1 一般规定**

3.1.1 音乐厅体形的选择对于音乐厅音质的影响至关重要，常见鞋盒式和葡萄园式等体形的音乐厅均具有较好的声学效果。建议在体型调整时尽量选用这些有较好声学效果的音乐厅体形，避免使用扇形、圆形等不利于声学效果的体形。

3.1.2 音乐厅各项音质指标和室内的长宽高和体量大小密切相关，应结合各项指标要求进行设计。

**3.2 体型要求**

3.2.1 观众厅每座容积的确定取决于合适的混响时间和观众吸声量，且以不用或少用吸声处理为原则。本条给出的交响乐厅和室内乐厅的每座容积指标数据来自于国内外几十座知名音乐厅调研的结果。取值较宽一方面是因为实际条件变化较多，二是因为不同体型的音乐厅本身每座容积就差异较大。但如果超出此建议范围，则需要注意并采取相应措施。

**3.2.2**观众席前中区应具有足够的早期反射声，且相对于直达声的初始时延迟间隙不宜超过30ms；池座观众席前中区应具有足够的侧向反射声而又不应掩蔽直达声，宽度不宜超过25m，且不宜小于15m。

**3.2.3** 眺台及楼座下吊顶形式应有利于该区域观众席获得早期反射声。如果过深，该部分坐席就有可能分离成为观众大厅的一个耦合空间，且这一空间的混响时间远比观众大厅短。此外，受到声源高度和指向特性等限制，声音不易有效地传递进入这一空间。

**3.2.4** 适当的界面扩散可以使得早期声丰富，主观上音乐听起来比较圆润，并且利于观众席获得均匀的声场。

3.2.5 从自然声演出效果来看，每排位置多升高一点对于接受直达声就更有利。但考虑走道坡度的行走安全和经济原因，取视线升高差“C”值要求12cm，在声学上看来是最低的要求了。我们鼓励在尽可能的条件下采用较大的每排升起高度。见《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》GB/T50356-2005第三章3.2.5条。

3.2.6 通过调研，国际上以交响乐为主的知名音乐厅舞台平均宽度值约为18m，最大深度11~12m。舞台面积太大时，就会加大乐师之间的距离，乐队内部的直达声就会减小。舞台太宽时，前排两侧的听众听到就近乐师演奏的声音要先于演奏台另一侧传来的声音，时差太大会对音乐的融合产生不良影响；台太深时，舞台后部乐器的声音是在前部乐器声音以后经过一段可分辨的时差才能到达听众耳朵（有利于相互听闻的延时不宜超过35ms，对应的距离为12m），也会产生类似副作用。此外，演出时通常还会设置1m宽的返场通道；因此舞台的平均宽度应不超过18m，最大深度不宜超过13m。室内乐厅的舞台尺寸可适当减小。

3.2.7 如果音乐厅设计不能够保证舞台上乐队获得足够的早期反射声和舞台支持度，则宜设声音反射板且高度可调。

3.2.8 不规则的体型对声音的扩散有利，可减弱轴向上的驻波现象，但过度的不规则体型影响空间布局，会造成使用空间的浪费。

3.2.9听众正向面对乐团和反向面对乐团所带来的听感是完全不一样的。听感差异主要表现在声部不平衡、声部被掩蔽与声部缺失三个方面。因为反向面对乐团时的声部顺序错乱，所以听众听到各个声部的顺序依次为打击乐、管乐、弦乐。这样的声部接收顺序会导致打击乐声部掩蔽其他声部。此外，Jürgen Meyer在《音乐声学与音乐演出（第五版）》（中译版，人民邮电出版社，2012）一书曾对西洋乐器的指向性进行了全面研究，大部分西洋乐器的声辐射面无法指向舞台背后观众区。

**4 音质参量**

**4.1 一般规定**

4.1.1 音乐厅在使用过程中常会分为交响乐演出、室内乐演出、独奏、协奏、小型乐队演奏、独唱等演出形式。不同的演奏形式有其突出的特点，也取决于演员和乐器的发声条件（声源的声功率及其指向性等），如大型交响乐乐器排布多，相同声部乐器声功率也较强，可以在较大型的音乐厅演奏出足够的响度，而室内乐演出则适合体积较小的音乐厅。音乐厅的音质是综合性的，并带有一定的主观性，响度、明晰度、混响感、空间感、温暖感、亲切感、乐队相互听闻等参量或多或少与对应的客观参量相关，已经得到声学学者的实验研究验证，故本条对音乐厅的音质提出了相对明确的要求。

4.1.2 以独奏、协奏、小乐队组合演奏为主的音乐，演员和乐器规模较小，要达到一定的响度、突出各声部演奏技艺和声音细节、听众与演员的亲近感、以及音乐厅空间反馈的及时等。

4.1.3 由于音乐厅的使用功能比较单一，对于某些市场化的运营不利，或者音乐厅只对某些特殊单一的演出形式专场演出，会有业主对音乐厅有特殊的需求。比如多功能音乐厅，兼顾歌舞、话剧甚至会议等功能需求。

4.1.4 本条提出一些对音质产生一定负面影响的指标，回声、声聚焦等现象以可识别为界限，如不明显就无妨碍。通常认为实验结果中90%以上的人不可识别即可认为无影响。

4.1.5 目前音乐厅中普遍配备了扩声系统。由于音乐厅内各个界面多为反射材料，因此应合理布置扬声器的位置与投射角度，以避免可识别的声缺陷。

4.1.6 辅助用房虽然没有提到很多具体的音质要求，但对音质产生一定负面影响的回声、声聚聚焦等现象也需要避免，以可识别为界限，如不明显就无妨碍。通常认为实验结果中90%以上的人不可识别即可认为无影响。

**4.2 音质指标**

4.2.1 Beranek统计的著名交响音乐厅范围为中频（500Hz、1000Hz平均）满场建议值为1.8~2.1s，国内统计缺乏满场数据，中频空场范围为1.7~2.6s，平均值为2.2s，根据空满场的统计数据差别在0.2~0.4之间，根据每个厅的实际情况及艺术创作需求，同时考虑到混响时间选择的容忍度和模糊性，设计中满场混响混响时间采用1.9±0.3s的范围，体积相对较大大的音乐厅可适当取高值，体积小的建议取小值，设计范围兼顾了部分中等规模的音乐厅满足交响乐和室内乐演出的多功能性演出要求。

Beranek统计的室内音乐厅范围为中频（500Hz、1000Hz平均）满场建议值为1.4~1.6s，国内统计缺乏中频空场范围为1.5~2.5s，平均值为1.9s，根据空满场的统计数据差别在0.2~0.4之间，考虑到混响时间选择的容忍度和模糊性，设计中满场混响混响时间采用1.6±0.2s的范围，也兼顾了部分小型规模的音乐厅满足交响乐和室内乐演出的多功能性演出要求。

低频混响时间与中频的比值大于1，主要考虑音乐演出中的温暖度，高频混响时间与中频的比值小于1主要由于音乐厅高频空气吸收较中低频高，因而允许混响时间相对较低。观众厅混响时间以满场条件为依据，一般是指达到80%以上的上座率情况。

音乐厅设计中混响时间的计算的最高中心频率为4000Hz，主要考虑与目前吸声材料测量规范中频率范围一致。8000Hz及更高频率目前的实验室测量数据尚不充分，而且高频空气吸声量占有较大的比重，准确估算实际剧场中高频吸声量较为困难。混响时间计算的精度受诸多因素的影响，如材料吸声系数的准确性、音乐厅中的声场条件等，所以混响时间实测值和设计值有±10%的误差是可以接受的。实际测量时混响时间频率适当延伸至63~8000Hz。

4.2.2早期衰变时间相对于混响时间，主要考虑声能量的早期衰减特性。在扩散声场中，声能量以指数形式衰减，早期于后期的能量衰减速率是一致的，音乐厅的声场不是完全扩散声场，因此允许早期衰变时间与混响时间的衰减速率不一致，但也不宜出现早期声能量衰减过快的情况。根据国内31个音乐厅的统计，空场条件下早期衰变时间与混响时间的比值大于0.9的超过90%以上。

4.2.3 Beranek统计的著名音乐厅范围为中频（500Hz、1000Hz、2000Hz平均）空场场建议值为-3~0dB（1400座以上交响音乐厅）和-2~2dB(700坐以下室内音乐厅)，国内统计为-2~1dB(交响乐)和-2~2 dB（室内乐）之间。考虑国外音乐厅数据主要为传统的鞋盒型音乐厅，而新建的交响音乐厅多为葡萄园型，相同规模的音乐厅明晰度葡萄园型普遍要大于鞋盒型。因此采用了此明晰度范围。

4.2.4国际上1400以上大交响乐厅响度因子为1.5~5.5dB，实际国内厅较小，宜适宜放大范围；通过调研，国内音乐厅规模较小，响度也比较大，统计响度因子平均值为5。因此设计范围扩展以±3dB为限。

国际上700以下室内乐厅响度因子为9~13dB，但国内室内音乐厅并不是按座位规模而定；通过调研，国内的室内乐音乐厅规模多数为600~1000坐，且有兼顾交响乐演出的功能，统计响度因子平均值为8。因此设计范围扩展±3dB为限，与交响乐厅也有交集。

常规交响音乐厅观众席视距最近与最远的差别一般在30m左右，根据室内声压级计算公式及音乐厅的修正，计算响度因子差别约为8dB。室内乐的小音乐厅视距差在20m左右，计算响度因子差别约为6dB。

4.2.5 音乐厅的侧向反射声对于音质设计比较重要，其与空间感较为相关，统计交响音乐厅参考值建议范围为0.15~0.35(频率125Hz~2000Hz的平均)。而另一与空间感相关性较大的产量为双耳互相关系数，统计交响音乐厅参考值建议范围为0.35~0.29（频率500~2000平均）。考虑到这两个参量存在一定争议，此条不做具体数值的要求。测量可选择LF及IACC之一进行测试。使用IACC时，人工头选择应满足《声学 室内声学参量测量 第1部分：观演空间》GB/T 36075.1-2018附件B3.1的规定。

4.2.6国际上统计研究的交响音乐厅推荐值为＞-14dB，室内音乐厅推荐值为＞-12dB，国内交响音乐厅统计数据中平均值为-15dB，室内音乐厅为-12dB。考虑国际上优秀音乐厅的统计数据大多数为鞋盒型音乐厅，而葡萄园式通常要比鞋盒型音乐厅略小且乐团对葡萄园型的音乐厅舞台支持度的主观反映也不差，因此放宽至-15dB，同理室内音乐厅也放宽至-13dB。

4.2.7音响控制室需要较高的音响声音还原度及清晰度，因此需要较短的混响时间，同时需要相对平直的频率特性。

排练厅的使用功能分为乐队、合唱、多功能排练厅。乐队排练厅的混响时间相对较长，而合唱则较短，多功能排练厅由于兼顾音乐和语言类节目的排练则混响适中。琴房需要较高的音响声音还原度及清晰度，且一般容积较小所以混响时间设置较短，同时需要较平直频率特性。

**5 噪声及振动控制**

**5.1 一般规定**

5.1.1 影响音乐厅的外部和内部的噪声和振动源比较多，设计时应予以综合考虑。

5.1.2 设备噪声及音乐厅内产生的其他噪声对周围环境可能产生影响，所以剧场设计中需根据剧场所处的声环境功能区类別对剧场的噪声排放进行控制，尤其对于剧场噪声设备如：风机、空调机、冷却塔等所产生的噪声，应符合周围环境噪声的标准要求。

5.1.3 剧场本身的设备常与剧场观众厅在同一区域，其噪声对观众厅的影响较为明显，尤其对一些噪声或振动严重的设备如： 空调机、风机、冷却塔等。由于音乐厅与各房间所处位置和声环境不同，因此对于围护结构的隔声量不作统一规定。

**5.2噪声限值**

5.2.1 背景噪声指在空场条件下（观众厅和舞台无人占用）观众席上测得的总噪声（稳态噪声，不包括随机噪声），包括空调、通风、照明等设备的噪声以及外界传入的噪声，但不包括舞台机械和设备运行的噪声。根据《剧场建筑设计规范》JGJ57-2016,具有自然声演出功能的甲等剧场噪声限值宜小于等于NR25噪声评价曲线。音乐厅内的声学环境要求比剧场演出更高，因此低限要求与剧场一致。通过对国外顶级音乐厅的噪声限值的调研，大部分都要求达到NR15噪声评价曲线，因此设定此高限值。

5.2.2 参考《剧场建筑设计规范》JGJ57-2016中的有关要求而定。辅助用房的背景噪声为达到指标要求，应综合采取围护结构隔声、暖通消声等措施。

5.2.3 随着城市轨道交通、高架道路等交通设施的发展与密集，室外交通振源会引起厅内振动和二次结构噪声的提高，音乐厅内噪声限值要求比0类特殊住宅区更高，参考《城市区域环境振动标准》、《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准》提出音乐厅内振动限值。

**5.3 噪声与振动控制要求**

5.3.1 室外交通噪声与振动源对音乐厅内噪声值的影响较大，从选址上尽可能远离这些墙噪声的振动源可以降低音乐厅建筑隔声与隔振的建造成本。当影响超过限值时，宜优先考虑在源头采取降低措施。当源头采取措施后仍然不能满足要求时，对音乐厅的观众厅和舞台宜做整体隔振措施。

5.3.2 声闸是降低音乐厅周围空间的活动噪声对厅内演出干扰的有效措施，声闸内的强吸声处理有利于提高声闸整体隔声性能。

5.3.3宜根据外部噪声大小对音乐厅围护结构做综合隔声设计，特别注意对管线穿墙、穿楼板的地方做好隔声封堵处理。

5.3.4 机房设备应尽量远离观众厅和舞台，空调系统送回风系统（特别是回风系统）应尽可能延长保证足够的管道噪声衰减后再进入音乐厅厅内。由于设备振动传递引起二次结构噪声超标的情况不胜枚举，应对屋面的设备（冷却塔、热泵等）、设备管道（水泵管道、热泵进出水管道等）进行有效的隔振处理。当设备机房与声学用房相邻时，应采取相应隔声量的隔墙。除消防用机房外一般设备机房内墙、顶均应做吸声处理。

5.3.5 宜对空调送回风系统噪声进行理论计算，应控制管道和风口的风速防止气流再生噪声过高。从音乐厅建设实践来看，采用座椅下送风的方式产生的噪声较低。观众厅采用下送风时，静压箱与观众厅地面之间的隔声一般较差，为保证观众厅不受空调噪声的影响，对静压箱进行的隔声、吸声处理是必要的。

**6 设计验证**

**6.1 一般规定**

6.1.1建筑声学指标的设计验证可采用音质计算、计算机软件模拟分析、缩尺模型试验分析等方式进行，声学验证指标应与建筑声学设计指标相对应。

现场测量工作指作为室内音质评价或声学施工验收而进行的测量。测量完成后应提供声学测试报告。

6.1.2音乐厅如有吸声帘幕等物理可变混响设施的，应在测量报告中对上述设施的状态进行说明。

音乐厅如设计有电子声学增强系统（电子可变混响系统）的，应至少对系统完全关闭、系统工作在预设状态等两个场景下的建筑声学指标分别进行测量，并加以说明。

**6.2 设计验证**

6.2.1建筑声学设计验证工作应至少包括初步设计阶段和施工图阶段两部分工作。

初步设计阶段，建筑声学设计应对音乐厅的建筑形体进行设计验证。使音乐厅建筑设计不存在明显的“颤动回声”、“声聚焦”等声学缺陷，声场扩散均匀，达到声学要求。

施工图阶段，建筑声学应在室内装修设计施工图的基础上进行设计验证，使建筑声学设计指标与验证结果相符。

6.2.2使用缩尺模型进行设计验证时，宜至少对音乐厅内部反射声情况进行测试和分析。根据模型比例应选择适当的测试频率、重放速度和填充气体等。为提高模型的声学准确性，宜建设等比例的混响室对重要模型如座椅、观众假人等的声学特性进行实测。缩尺模型范围应包含音乐厅全部演出和观众空间，可用于计算的观众席面积不应小于建筑设计面积的90%。除建筑设计有对外联通的空间外，模型应对外封闭。缩尺模型宜按照实际建筑的1/10或1/20比例制作，并按照建筑和装修设计图纸布置声学反射、吸声材料及观众席等。

使用建筑声学模拟分析软件进行设计验证时，应至少包含音乐厅的混响时间、舞台支持系数、声强因子、清晰度、早期反射声等设计指标，并可对音乐厅内的声反射情况进行模拟。

**6.3现场测量**

6.3.1客观指标包括背景噪声、混响时间、早期衰变时间、明晰度因子、强度因子、侧向反射声能比、舞台支持度等音质指标。测量应按1/3倍频程或倍频程进行，中心频率应符合《声学测量中的常用频率》GB/T3240的规定。

音乐厅的建筑声学指标测量应符合《声学 室内声学参量测量 第1部分：观演空间》GB/T 36075.1-2018的规定；混响时间测量应同时符合《室内混响时间测量规范》GB/T50076的规定；背景噪声测量应符合现行标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118中对室内噪声级测量方法的规定，位置应包括舞台、池座、各层楼座。响度测量应注明校准方式（混响室测声功率法、消声室测声暴露级法）。

墙体、门、楼板和窗等隔声和撞击声的测试也应该符合《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》GBT 19889.4-2005、《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第5部分：外墙构件和外墙空气声隔声的现场测量》GBT 19889.5-2006和《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第7部分：楼板撞击声隔声的现场测量》GBT 19889.7-2005等

6.3.2 振动测量方法应符合《城市区域环境振动测量方法》GB10071-88、《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准》JGJ/T 170-2009的规定。