

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

WH

# 中华人民共和国文化行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

代替 XX/T

## 演出场所 沉浸式扩声系统技术要求和测量方法

Performance venue—  
Technical requirements and measurement methods for immersive sound  
reinforcement systems

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2024.5)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中华人民共和国文化和旅游部 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 技术要求及等级划分 ..... 3

5 测量条件 ..... 5

6 测量仪器 ..... 6

7 测量方法 ..... 8

8 检验规则 ..... 13

参考文献 ..... 15

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中华人民共和国文化和旅游部提出。

本文件由全国剧场标准化技术委员会（SAC/TC388）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 演出场所 沉浸式扩声系统技术要求和测量方法

## 1 范围

本文件规定了演出场所沉浸式扩声系统的术语和定义、技术要求、测量条件、测量仪器、性能参数测试。

本文件适用于在各种演出场所安装运行的沉浸式扩声系统，包括专业剧场、多用途剧场、多功能剧场、文化和旅游演艺场所、音乐厅、露天剧场等室内外演出场所。集会活动用的场所可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4959-2011 厅堂扩声特性测量方法  
SJ/T 10724-1996 测试电容传声器通用技术条件  
GB/T 3241-2010 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器  
GB/T 3785.1-2023 电声学 声级计第1部分：规范  
GB/T 6278-2012 声系统设备 概述 模拟节目信号

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 沉浸声 immersive sound

是基于对象的，能从水平、纵深及高度三个维度呈现声音信息的声场，能准确地还原出与人类视觉等其他感知维度在心里声学层面所映射到的听觉效果相接近的声场，声场至少能覆盖观众的前、后、左、右、上五个方位，能准确地定位声音的方向和位置，能准确地感知舞台表演者的真实位置，让观众与舞台表演者一对一连接起来，给观众营造出身临其境、所见及所听的超现实感受。

### 3.2 声景 soundscape

由分布在特定空间中的各种声源组成，与视觉景观相类比。

### 3.3 沉浸式聆听体验 immersive listening experience

观众感觉与音频内容“相连”或有“沉浸”声景的体验。

### 3.4 扬声器源 loudspeaker

用于音频内容放大的扬声器（组）。

### 3.5 沉浸式扩声系统 immersive sound reinforcement system

是为观众提供沉浸式聆听体验，使观众能够将音频内容与视觉感受产生联系的音频系统。

注：完整的沉浸式扩声系统包括沉浸式扬声器系统、沉浸式音频渲染引擎、3D仿真建模设计分析软件。

### 3.6 沉浸式音频渲染引擎 immersive rendering engine

沉浸式音频渲染引擎是沉浸式扩声系统的运算核心，通常有多通道的输入输出能力，可以对演出场所内的扬声器位置进行精确定位，并基于该扬声器布局对输入信号进行空间化运算。

### 3.7 沉浸式扬声器系统 immersive loudspeaker system

是通过空间音频算法和相适应的扬声器系统布局的组合，为观众提供身临其境体验的扬声器系统。

注：沉浸式扬声器系统至少应包括正面系统和低频系统，完整的沉浸式扬声器系统包括正面系统、低频系统、空间补声系统、环绕系统和高度系统。空间补声系统即填充系统，包括前补、近补、前方侧补声、侧补声、台唇补声、挑檐下补声、延迟补声。

### 3.8 外部控制系统 control system

外部控制系统包括自动跟踪系统、演出总控系统。该系统可以与沉浸式扩声系统有紧密的联动，在实际场景中为沉浸式扩声系统提供更多可用性。

#### 3.8.1 自动跟踪系统 automatic tracking system

是为舞台表演的各专业（灯光、音响、视频、机械等）提供定位、跟踪、特效等特定场景效果的控制系统。

#### 3.8.2 演出总控系统 show control system

是包含多种控制协议，可以向各工种发送控制指令，并有机结合起来的控制系统。

### 3.9 正面系统 frontal system

是沉浸式扩声系统中特有的，布置在观众面前，靠近主舞台表演区域，多组呈现的，为观众提供精准舞台表演内容的扬声器系统。

注：主扬声器系统是布置在观众面前，靠近主舞台表演区域的正面系统。左-右和左-中-右布局同样是正面系统，但不能提供满意的沉浸式聆听体验。在沉浸式扬声器系统中，正面系统应包括场景（SCENE）系统，并能通过扩展（EXTENSION）系统增强沉浸感。当表演在观众前方时，正面系统是沉浸式扬声器系统的重要组成部分。正面系统能通过提供声源分离和视听连贯性来创建超真实声景。

#### 3.9.1 场景系统 scene system

是通过将观众的听感与所看到的表演联系起来，提供沉浸式聆听体验的扬声器系统。

注：根据舞台表演区域的宽度至少部署5组扬声器源。

#### 3.9.2 扩展系统 extension system

是安装在两侧舞台表演区域宽度之外的，使舞台表演区更宽，使声景的景宽更宽的扬声器系统。

### 3.10 低频系统 subwoofer system

是由超低扬声器组成，为共享覆盖区域内增加低频资源，在频响中补充全频段的扬声器系统。

注：低频资源的增加能通过低频频率范围下限的扩展或低频轮廓的扩展来实现。

### 3.11 空间补声系统 spatial fills system

是使用空间音频算法再现由场景系统创建的声景，通过在共享的工作频率范围内扩展覆盖区域，在空间中补充正面系统的扬声器系统。

注：空间补声系统，在观众席前部作为前部补声系统，在观众席两侧作为侧补声系统，在远离观众席处作为延时补声系统。

### 3.12 环绕系统 surround system

是通过部署在场馆内观众席周围的扬声器组来增加声源位置信息，能使用于如虚拟房间混响、环境声音或复杂的声源轨迹的扬声器系统。

注：当表演在观众前方时，环绕系统可作为沉浸式扩声系统的补充部分。当音频内容没有主次方向之分时，环绕系统可作为沉浸式扩声系统的主要部分。

### 3.13 高度系统 height system

是通过部署在场馆内观众席上方的扬声器组来增加声源高度信息，能使用于如虚拟房间混响、环境声音或复杂的声源轨迹的扬声器系统。

注：当表演在观众前方时，高度系统可作为沉浸式扩声系统的补充部分。当音频内容没有主次方向之分时，高度系统可作为沉浸式扩声系统的主要部分。

## 4 技术要求及等级划分

### 4.1 基本要求

- 4.1.1 最大声压级不小于 99dB (A)。
- 4.1.2 观众席各测点声压级分布，在 100Hz、1kHz、4kHz 和 8kHz 时，稳态声压级的最大差值不大于 15dB。
- 4.1.3 时间差在 10ms 以内的观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比不小于 50%。
- 4.1.4 空间解析度不少于 3 组扬声器。
- 4.1.5 水平声像定位准确的观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比不小于 50%。
- 4.1.6 垂直声像定位准确的观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比不小于 50%。
- 4.1.7 有沉浸感包围的观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比不小于 50%。
- 4.1.8 传输频率特性等级划分见 GB/T 28049-2011。文艺演出一级在 40Hz~80Hz 频率范围内的阻带衰减斜率为 6dB/oct 和 8000Hz~16000Hz 频率范围内的阻带衰减斜率为-6dB/oct，允差范围如图 1。文艺演出二级和多用途一级在 50Hz~100Hz 频率范围内的阻带衰减斜率为 6dB/oct 和 6300Hz~12500Hz 频率范围内的阻带衰减斜率为-6dB/oct，允差范围如图 2。多用途二级在 63Hz~125Hz 频率范围内的阻带衰减斜率为 6dB/oct 和 4000Hz~8000Hz 频率范围内的阻带衰减斜率为-6dB/oct，允差范围如图 3。

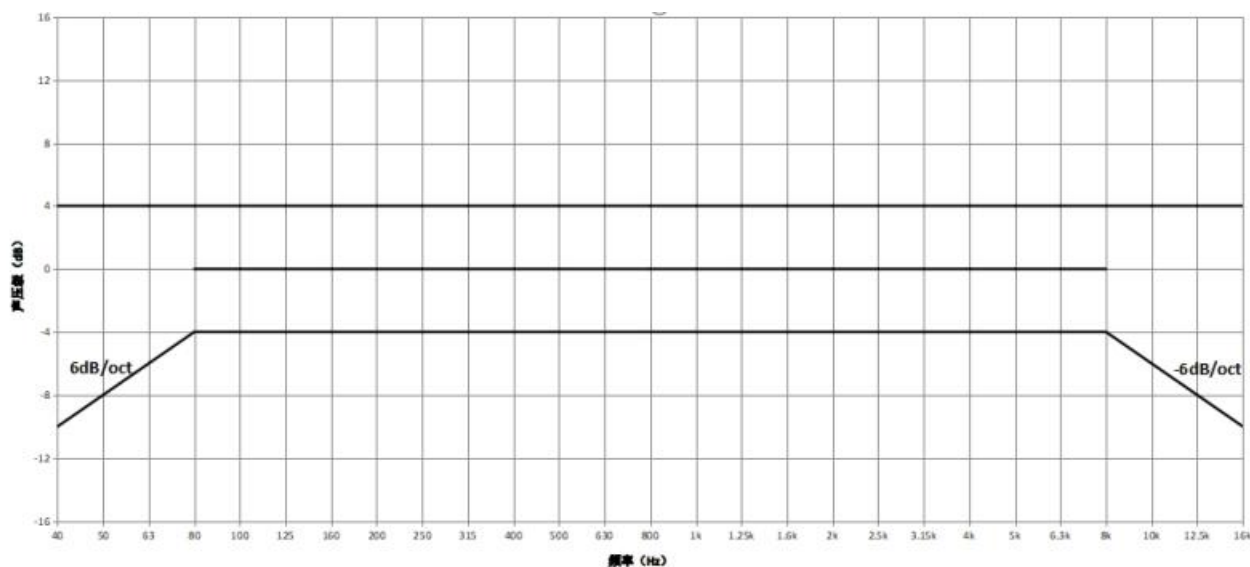


图 1 传输频率特性允差范围

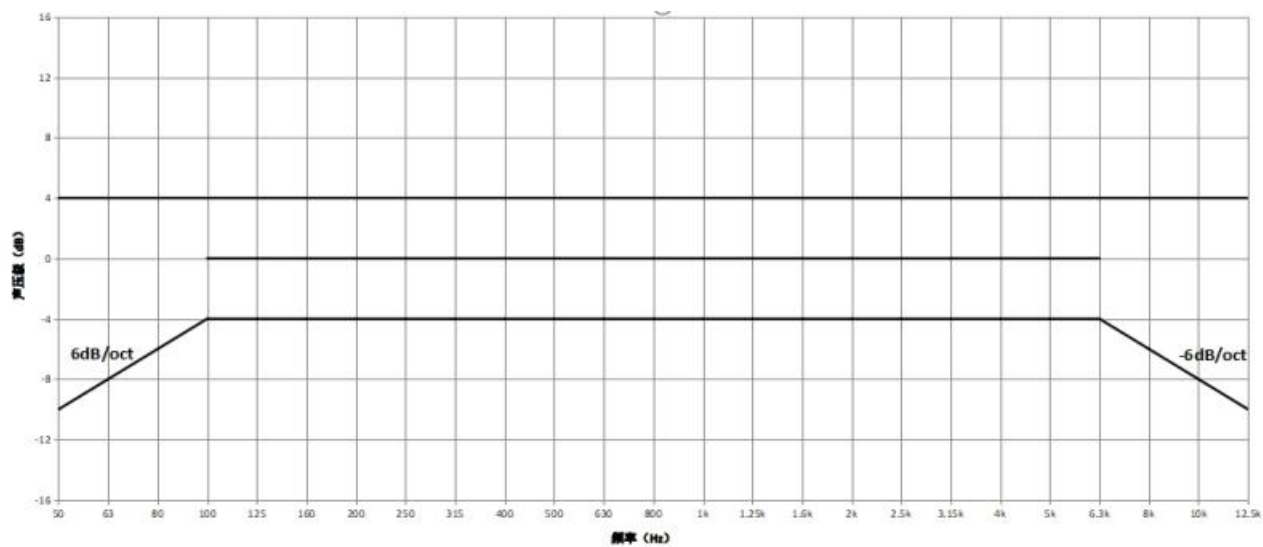


图 2 传输频率特性允差范围

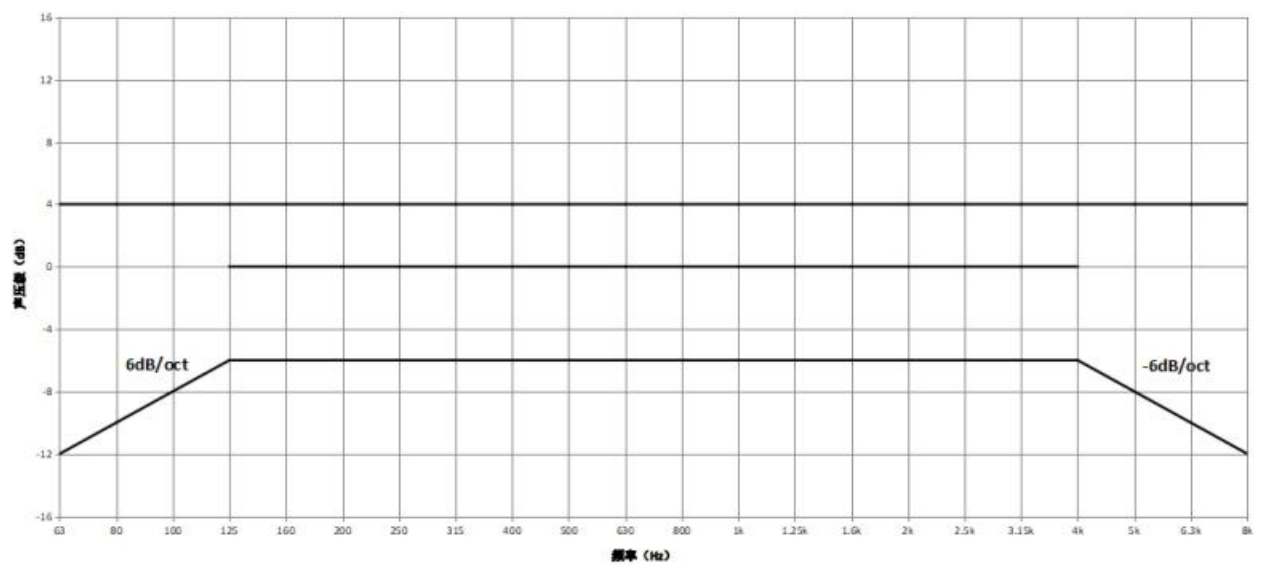


图 3 传输频率特性允差范围

- 4.1.9 传声增益等级划分见 GB/T 28049-2011。
- 4.1.10 总噪声级符合 NR-30，等级划分见 GB/T 28049-2011。
- 4.2 等级分化

表 1 等级划分表

| 等级    | 一级          | 二级          | 三级          | 四级         |
|-------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 最大声压级 | 不小于 108 (A) | 不小于 105 (A) | 不小于 102 (A) | 不小于 99 (A) |
| 声压级分布 | 不大于 6dB     | 不大于 9dB     | 不大于 12dB    | 不大于 15dB   |
| 空间解析度 | 不小于 9 组     | 不大于 8 组     | 不大于 6 组     | 不小于 3 组    |
| 时间差   | 不小于 95%     | 不小于 80%     | 不小于 65%     | 不小于 50%    |

|        |         |         |         |         |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| 水平声像定位 | 不小于 95% | 不小于 80% | 不小于 65% | 不小于 50% |
| 垂直声像定位 | 不小于 95% | 不小于 80% | 不小于 65% | 不小于 50% |
| 沉浸感包围  | 不小于 95% | 不小于 80% | 不小于 65% | 不小于 50% |

表 2 等级划分表

|        |                                                                                                 |                                                                                                  |                                                                                                    |                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 等级     | 一级                                                                                              | 二级                                                                                               | 三级                                                                                                 | 四级                                                                                                |
| 传输频率特性 | 以 80Hz~8000 Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许范围:-4dB ~ +4dB ; 40Hz~80Hz 和 8000 Hz~16000Hz 的允许范围见图 1 中斜线部分 | 以 100Hz~6300Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许范围:-4dB ~ +4dB; 50Hz~100 Hz 和 6300Hz~12 500Hz 的允许范围见图 2 中斜线部分 | 以 100Hz~6300 Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许范围:-4dB ~ +4dB ; 50Hz ~ 100Hz 和 6300Hz~12500Hz 的允许范围见图 2 中斜线部分 | 以 125Hz~4000 Hz 的平均声压级为 0dB, 在此频带内允许范围:-6dB ~ +4dB; 63Hz~125 Hz 和 4000Hz ~ 8000Hz 的允许范围见图 3 中斜线部分 |
| 传声增益   | 100Hz~8000Hz 的平均值大于或等于 -8dB                                                                     | 125Hz~6300Hz 的平均值大于或等于 -8dB                                                                      | 125Hz~6300Hz 的平均值大于或等于 -8dB                                                                        | 125Hz~4000Hz 的平均值大于或等于 -10dB                                                                      |
| 总噪声级   | NR-30                                                                                           | NR-30                                                                                            | NR-30                                                                                              | NR-30                                                                                             |

5 测量条件

5.1 环境条件

测试环境应满足仪器设备正常使用条件。

5.2 软件条件

- 5.2.1 沉浸式扩声系统宜提供由沉浸式扩声系统厂家认可的 3D 仿真建模设计分析软件,能提供场馆完整的 3D 仿真建模位置信和详细的沉浸式扬声器系统声场分析数据,以保证扬声器位置信息和分析数据的准确性。完整的 3D 仿真建模包括: 墙面、观众席看台、舞台、天花结构、声桥结构、观众听音面等。
- 5.2.2 3D 仿真建模设计分析软件应将设计好的扬声器配置的位置信息和功能数据导入到沉浸式扩声系统的控制软件中。

5.3 硬件条件

- 5.3.1 沉浸式扩声系统的处理器、扬声器和功放宜为同一协议标准。沉浸式扩声系统的处理器、扬声器和功放为不同协议标准,应在协议标准和产品设计依据上可兼容,以保证沉浸式扩声系统能实现准确的声音定位和完整的声音效果。
- 5.3.2 沉浸式扩声系统的处理器宜与调音台兼容并互联控制,以保证调音台能直接控制沉浸式扩声系统的声音定位等参数。
- 5.3.3 沉浸式扩声系统的处理器宜与自动跟踪系统兼容并互联控制,以保证沉浸式扩声系统能实现高效的实时移动跟踪能力。
- 5.3.4 沉浸式扩声系统宜与第三方控制系统衔接配合。
- 5.3.5 沉浸式扩声系统宜与其他舞台系统的控制协议兼容,如 MIDI、OSC (注) 等,以保证不同系统之间有更好的配合,保证不同系统之间的内容衔接。
- 5.3.6 沉浸式扩声系统的处理器输入通道数量(包括可扩展数量)宜不小于 100 路。当沉浸式扩声系统的输入通道数量不够时,多通道将合并成立体声输入到沉浸式扩声系统,将大大降低沉浸式扩声系统的使用效果。
- 5.3.7 沉浸式扩声系统的处理器设备采样率宜支持 96KHz 及以上。数字设备的互联应保证采样率相互



匹配，并支持高采样率以提高音质表现。

5.3.8 沉浸式扩声系统的处理器应支持以下协议中的一种或多种：MADI、AVB、Dante、AES67、AES/EBU（AES3）、Analog 等，以保证沉浸式扩声系统设备与其他设备之间拥有冗余的连接方式。

5.3.9 沉浸式扩声系统宜使用由沉浸式扩声系统厂家认可的前期混音制作插件。

5.3.10 沉浸式扩声系统宜使用由沉浸式扩声系统厂家认可的双耳效应预混音软件。

5.3.11 沉浸式扩声系统的处理器应与扬声器配套的功放系统兼容，具备网络协议的，应具有相同的音频网络传输协议接口（AVB 或 Dante），以减少不同协议之间的转换环节，提高系统的安全性。

5.3.12 沉浸式扩声系统的处理器的可变混响功能应通过话筒采样或通过 3D 空间运算实现。

5.3.13 沉浸式扩声系统的算法应兼容立体声音轨播放，沉浸式扩声系统的算法至少应包含 HOA、双耳化（Binaural）、基于矢量的振幅定位（VBAP）、多方向幅度声像定位（MDAP）、基于距离的振幅定位（DBAP）、波场合成（WFS）算法中的一种。

5.3.14 沉浸式扩声系统的处理器宜具备音轨轨迹控制和编程功能。

## 5.4 测量条件

应按GB/T 4959-2011中4的规定执行。

## 6 测量仪器

### 6.1 总则

本标准不排除使用经计量部门检定合格的达到同等准确度的其他仪器或软件。

### 6.2 声频信号发生器

频率特性：20Hz～20KHz  $\pm 0.3$  dB（参考频率1KHz）；

频率示值准确度：示值的1%  $\pm 1$  KHz；

频率稳定度：预热半小时后，1KHz频率点每小时漂移 $\leq 6$  Hz；

总谐波失真：衰减输出 $\leq 0.5\%$ ，功率输出 $\leq 1.0\%$ ；

电压表准确度： $\pm 2.5\%$ ；

衰减器准确度： $\pm 0.2$  dB；

信噪比： $\geq 65$  dB；

最大压缩量： $\geq 60$  dB（输入压缩电压 $\leq 1$  V）。

### 6.3 噪声信号发生器

同时具有粉红噪声和白噪声输出功能；

粉红噪声和白噪声信号的峰值因素应 $\geq 2$ ；

粉红噪声频谱密度：20Hz～20KHz  $\pm 1.5$  dB（衰减器输出）；

20Hz～20KHz  $\pm 2$  dB（负载输出）；

2Hz～200KHz  $\pm 1.5$  dB（衰减器输出）；

白噪声频谱密度：20Hz～20KHz  $\pm 1$  dB（衰减器输出）；

20Hz～20KHz  $\pm 1.5$  dB（负载输出）；

2Hz～200KHz  $\pm 1$  dB（衰减器输出）；

衰减输出电压：0.4mV～4V，每档10dB  $\pm 1$  dB；

信噪比： $\geq 60$  dB。

### 6.4 限幅器

频率特性：20Hz～20KHz  $\pm 0.3$  dB（参考频率1KHz）；

总谐波失真： $\leq 0.5\%$ ；

输入电平：0dB（0.775V）；

输出电平：0dB（0.775V）；

限幅范围： $-20$  dB～ $+6$  dB。

## 6.5 测试功率放大器

频率特性：20Hz~20KHz  $\pm 0.5$ dB；

总谐波失真： $\leq 0.5\%$ ；

额定功率： $\geq 200$ W（RMS值）；

负载阻抗：4  $\Omega$ ，8  $\Omega$ ，16  $\Omega$ 。

## 6.6 测试传声器

应按SJ/T 10724-1996的规定执行。

## 6.7 测量放大器

频率特性：20Hz~20KHz  $\pm 0.5$ dB；

测量范围：100  $\mu$ V~300V；

频率计权：A，C；

时间计权：F（快档），S（慢档）；

固有噪声： $\leq 10$   $\mu$ V；

极化电压：200V；

检波器特性：有效值： $\pm 0.5$ dB（峰值因素为5）、平均值、峰值；

衰减器准确度： $\pm 0.1$ dB。

## 6.8 1/3 倍频程带通滤波器

应按GB/T 3241-2010的规定执行。

## 6.9 声级记录仪

频率特性：20Hz~20KHz  $\pm 1$ dB；

动态范围：25dB，50dB对数；

分辨力：0.25dB（50dB量程电位计）；

整流响应：有效值、平均值、峰值；

描划速度：至少具有100mm/s和250mm/s两档。

## 6.10 声级计

频率特性：4.2Hz~22.4kHz  $\pm 0.7$ dB；

动态范围：25dB(A)~140dB(A)；

频率计权：A，C，Z；

时间计权：F（快档），S（慢档），I（脉冲），I10（10ms积分）；

温度范围： $-10^{\circ}\text{C}$ ~ $50^{\circ}\text{C}$ 。

## 6.11 声频频谱仪

声频频谱仪是测量放大器与1/1和1/3倍频程滤波器的组合。

## 6.12 示波器

长余晖；

最长扫描时间：10s；

能观察重复频率不高于2kHz宽度为50  $\mu$ s~10s，幅度为0.02V~40V的正负脉冲波形；

时标：0.02ms、0.2ms、2ms、20ms、200ms和500ms六档。

## 6.13 声频电压表

频率范围：20Hz~20KHz；

输入阻抗：100k  $\Omega$ ；

输入电容： $\leq 20$ pF；

指示准确度： $\pm 2.5\%$ ；

峰值因素： $\geq 5$ 。

## 6.14 测试电源

### 6.14.1 电动扬声器式电源

频率特性：50Hz~10KHz；

相邻两个1/3倍频带声功率级之差： $\leq 3\text{dB}$ ；

所有1/3倍频带上的声功率： $> 70\text{dB}$ ；

声功率输出的稳定度： $\pm 0.5\text{dB}$ ；

指向性指数： $< 9\text{dB}$ 。

### 6.14.2 脉冲电源

具有一定的持续时间和波形要求，性能稳定的脉冲声源。

### 6.14.3 脉冲信号发生器

能产生脉冲特征信号的仪器或装置。

## 6.15 模拟节目信号

应按GB/T 6278-2012的规定执行。

## 6.16 角度仪

分辨率： $0.05^\circ$ ；

精度： $\pm 0.2^\circ$ 。

## 6.17 测距仪

测量范围：0.05~200m；

精度： $\pm 1\text{mm}$ 。

## 6.18 分析精度及性能符合要求的电脑软件

# 7 测量方法

## 7.1 最大声压级

### 7.1.1 特性解释

最大声压级是观众席各测点的最大峰值声压级的平均值。

### 7.1.2 测量方法

应按GB/T 4959-2011中6.1.4.1的规定执行。

## 7.2 声压级分布

### 7.2.1 特性解释

声压级分布是用于评估对观众的覆盖一致性，是指整个观众席各测点稳态声压级最大值和最小值的差值。该参数表示1kHz-10kHz频率范围内覆盖95%观众的声压级平均值附近的幅度范围（以dB为单位）。该参数是基于所有扬声器组的不相干总和，并针对整个观众席进行计算。

### 7.2.2 测量方法

以1/3倍频程粉红噪声为测量信号，用声级计测得观众席各测点不同频带的频带声压级，测试频率应包括100Hz、1kHz、4kHz、8kHz，测量原理如图4。根据各测点在不同频带测得的频带声压级可作出相应的声场分布图。测量结果也可以用声场分布图表示，横坐标为观众席座位的排数，纵坐标为所测得的声压级差[用分贝(dB)表示]。对于多列的测量结果，可画出声场分布曲线族。



图4 声压级分布测量原理框图

### 7.3 时间差

#### 7.3.1 特性解释

时间差是用于评估声音的分离度、清晰度。当正面系统之外有舞台侧补声等扬声器组时，所馈送的信号将是混合单声道的信号，叠加覆盖区域将出现时间差。时间差不大于10ms。

#### 7.3.2 测量方法

双耳分析仪器测得有信号相干性的任意两组扬声器到达观众席的时间差不大于10ms时的观众席座位为采样位置，两组扬声器和观众席采样位置构成三角形，时间差小于10ms的观众席区域被视为听感一致的区域。计算此区域观众席座位数量在整体观众席座位数量中的占比。不同扬声器直达声到达同一位置的时间差按公式（1）计算。

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{l_1}{v_0} - \frac{l_2}{v_0} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$t_1$ —第一个扬声器直达声到达观众席采样位置的时间，单位为秒（s）；

$t_2$ —第二个扬声器直达声到达观众席采样位置的时间，单位为秒（s）；

$l_1$ —第一个扬声器到观众席采样位置的距离，单位为米（m）；

$l_2$ —第二个扬声器到观众席采样位置的距离，单位为米（m）；

$v_0$ —声音在空气中的传播速度，单位为秒每米（m/s）。

### 7.4 空间解析度

#### 7.4.1 特性解释

空间解析度是正面系统的全频段扬声器组数量。正面系统能有效呈现并扩展舞台区域的声景。正面系统的数量决定了声音对象的分离度、清晰度，使用更多的扬声器组能更好地解析现场的声音。正面系统的扬声器源的数量不小于3组。

#### 7.4.2 测量方法

测量对象为正面系统，每增加一组扬声器解析度加1。

示例：正面系统为5组扬声器，空间解析度即为5。

### 7.5 水平声像定位

#### 7.5.1 特性解释

根据对声音水平定位的容差度的研究（观众对于舞台演员发声位置和扬声器扩声位置夹角）得出，当两组场景扬声器相对于观众的夹角在15°之内时，能对声音的水平方向实现精准定位。

#### 7.5.2 测量方法

通过角度仪测得两组场景扬声器夹角为15°之时的观众席座位为采样位置，两组场景扬声器和采样位置构成三角形，采样位置之前的观众席区域视为水平声像定位分离的区域，得出此区域观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比，剩余的观众席区域即为水平声像定位准确的区域，测量原理如图5。

当前方是经过处理器计算的场景补声时，能根据其覆盖情况判断水平声像定位准确的区域（通常前补声至多覆盖两排观众）。

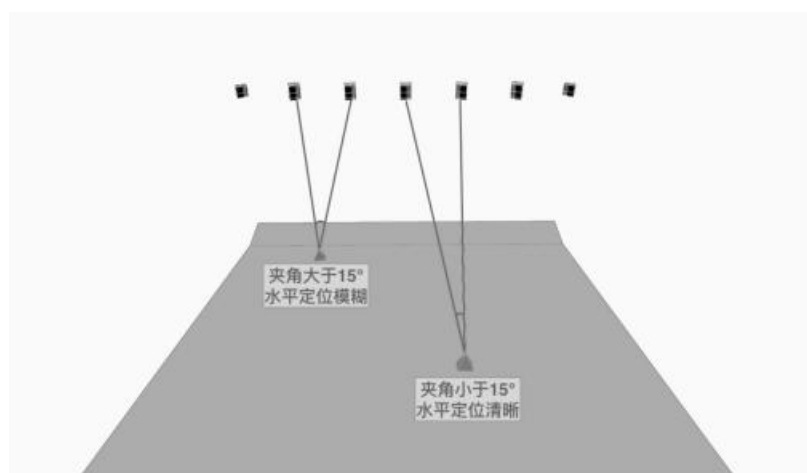


图5 水平声像定位测量原理框图

## 7.6 垂直声像定位

### 7.6.1 特性解释

根据对声音垂直定位的容差度的研究（观众对于舞台演员发声位置和扬声器扩声位置夹角）得出，当舞台演员发声位置和场景扬声器相对于观众的夹角在 $30^\circ$ 之内时，能对声音的垂直方向实现精准定位。

### 7.6.2 测量方法

通过角度仪测得舞台演员发声位置（可按照1.7m）和场景扬声器的夹角为 $30^\circ$ 之时的观众席座位为采样位置，演员发声位置、场景扬声器位置和采样位置构成三角形，采样位置之前的观众席区域视为垂直方向上声像定位分离的区域，得出此区域观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比，剩余的观众席区域即为垂直声像定位准确的区域，测量原理如图6。当有前方补声系统时，能根据前方补声系统的覆盖情况判断垂直声像定位准确的区域。

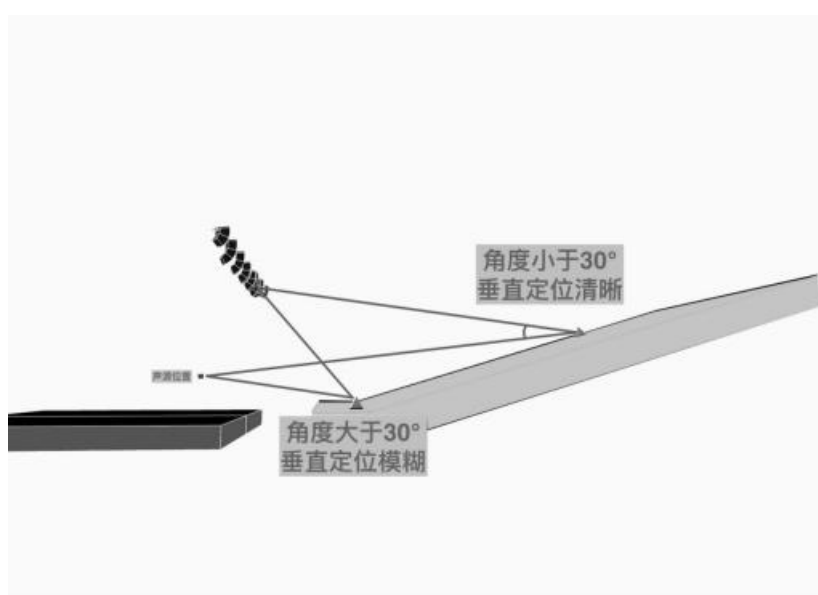


图6 垂直声像定位测量原理框图

7.7 沉浸感包围

7.7.1 特性解释

当正面系统最外侧两组扬声器相对于观众的夹角大于40° 时，将提供给观众强烈的包围感。

7.7.2 测量方法

通过角度仪能测得正面系统最外侧两组扬声器夹角为40° 之时的观众席座位为采样位置，最外侧两组扬声器和采样位置构成三角形，采样位置之前的观众席区域视为有沉浸包围感区域，得出此区域观众席座位数量在整个观众席座位数量中的占比，测量原理如图7。

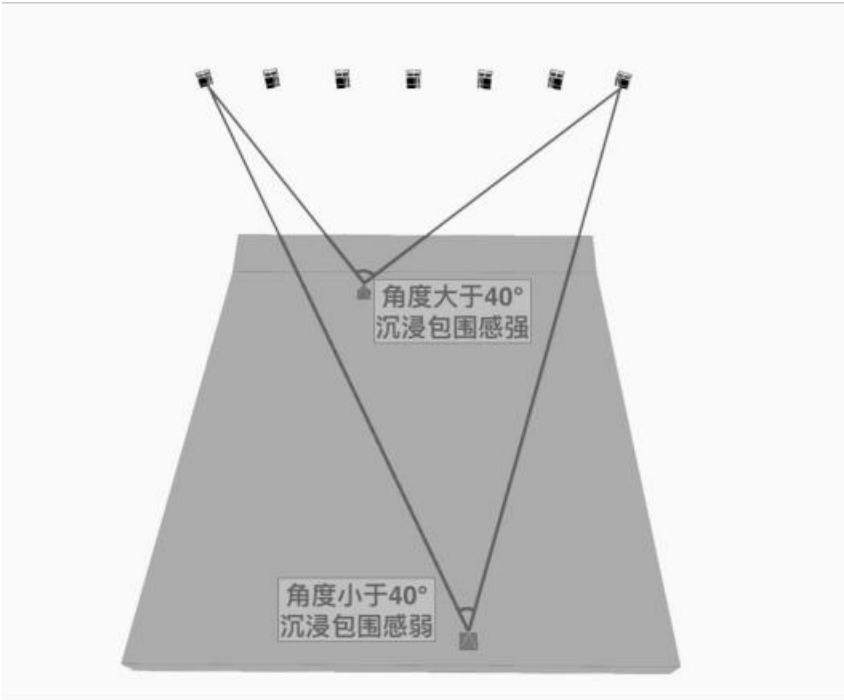


图 7 沉浸感包围测量原理框图

7.8 传输频率特性

7.8.1 特性解释

沉浸式扩声系统在稳定工作状态下，观众席各测点稳态声压级的平均值相对于扩声设备输入端的电平的幅频响应。

7.8.2 测量方法

由噪声源发出的1/3倍频程粉红噪声直接馈入沉浸式扩声系统调音台输入端，调节噪声源的输出，使各测点的信噪比应不低于35 dB。改变 1/3倍频程带通滤波器的中心频率，保持各频段电平值恒定(不失真)，在观众席规定的测点上测量声压级，测量原理如图4。测量在传输频率范围内进行，测试信号的中心频率按1/3倍频程中心频率取点。

7.9 传声增益

7.9.1 特性解释

沉浸式扩声系统在最大可用增益状态时，观众席各测点稳态声压级平均值与扩声系统心型 $R(\theta) = (1+\cos\theta)/2$ 传声器处稳态声压级的差值，单位为dB。

7.9.2 测量方法

应按GB/T 4959-2011中的6.1.2的规定执行。

7.10 总噪声级

7.10.1 特性解释

沉浸式扩声系统在最大可用增益工作状态下,观众席各测点扩声系统所产生的各频带的噪声声压级(扣除环境背景噪声影响)平均值,以NR曲线评价。

7.10.2 测量方法

总噪声级的测点数宜选全场座席的千分之五,且不少于八点(无楼座场所,不少于五点)。测点的分布应当合理并有代表性。

沉浸式扩声系统增益控制置于最高可用增益,在空场条件下进行测量。测试声源置于系统传声器前的距离,对语言扩声为0.5m;对音乐扩声为5m。测量时,演出场所的通风、空调、调光等产生噪声的设备及沉浸式扩声系统全部开启。

用声级计在63Hz~8000Hz频率范围内按倍频程带宽取值,测量原理如图8。测量结果与NR评价曲线比较并得到NR数值。测量也可用A计权数据。

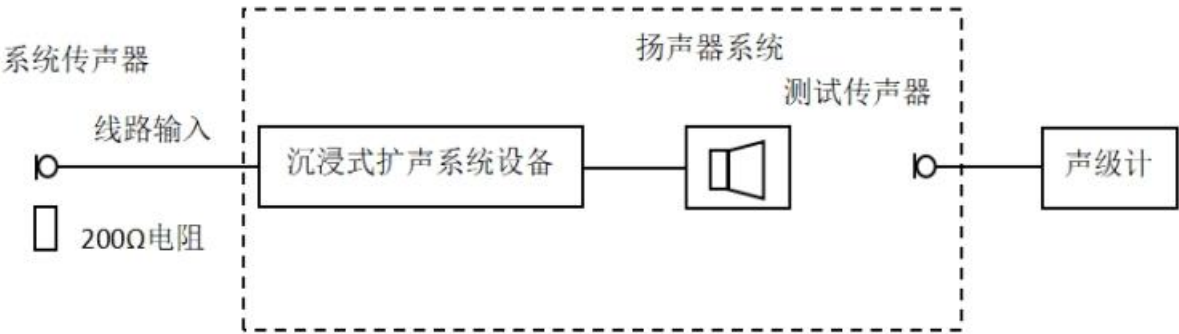


图8 总噪声级测量原理框图

7.11 空间声像定位精度

7.11.1 特性解释

空间声像定位精度是指沉浸式扩声系统在三维空间中精确还原声音对象方向、距离及高度的能力。

7.11.2 测量方法

通过多声道信号分析仪器在共同覆盖的观众席测量声像定位误差,单位为dB(A)。

7.12 混响时间

7.12.1 特性解释

观众席声音已达到稳态后停止声源,平均声能密度自原始值衰变到其百万分之一(60dB)所需要的时间,单位为s。可通过衰变过程的(-5~-25)dB或(-5~-35)dB取值范围作线性外推来获得声压级衰变60dB的混响时间,分别记作T20和T30。

7.12.2 测量方法

由噪声源发出的1/3倍频程(或1/1倍频程或全频带)粉红噪声信号直接馈入沉浸式扩声系统调音台输入端。调节沉浸式扩声系统输出,使各测点的信噪比应不低于35 dB。在观众席的预定测点上进行测量,测量混响时间的测点数,满场时应不少于3个,空场时应不少于5个,非对称性厅堂应适当增加测点。测量原理如图9。

当声源停止发声后,用声级计记录声压级衰减时的衰减曲线并量得混响时间。

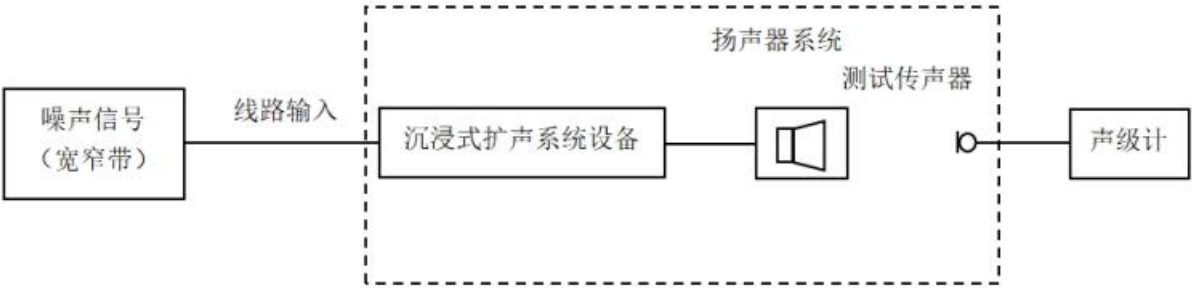


图 9 混响时间测量原理框图

7.13 系统兼容性功能检查

沉浸式扩声系统对多种音频格式的支持能力应符合合同技术要求。

8 检验规则

8.1 验收检验

8.1.1 验收检验条件

本验收检验针对沉浸式扩声系统在新建、改造项目施工完成时及交付前的检验检测。满足沉浸式扩声系统工程验收检验的条件包括：

- 所有施工完成，包括传声器、调音台、功率放大器、扬声器、线缆、桥架、内通系统设备和视频监督系统设备等；
- 工程承包方的自检工作完成；
- 工程竣工资料齐全，包括竣工图、材料进场资料报验、分项工程施工质量检验批等；
- 使用维护说明书已提交。

8.1.2 检验内容

检验内容包括资料检查、性能测试。

8.1.2.1 资料检查

工程承包方应提供以下资料以供检查，检查资料是否齐全：

- 招投标文件及合同书（含变更洽商记录）；
- 已会审和批准的竣工图纸，包括但不限于系统图、扬声器布置图、各接线箱布置图、各设备机房布置图、设备机柜图等，且与现场一致；
- 主要产品、材料的合格证及质量证明文件，包括但不限于传声器、调音台、功率放大器、扬声器、线缆、桥架、内通系统设备和视频监督系统设备等；
- 监理认可的材料进场资料报验文件；
- 监理认可的舞台音响设备工程施工记录文件，包括但不限于材料设备进场检验记录、隐蔽工程质量验收记录、分项工程质量验收记录等；
- 监理认可的自检报告，包括但不限于接地连接导通性测试记录、信号传输测试记录以及系统试运行记录等；
- 系统操作及维护手册或使用维护说明书。

8.1.2.2 性能测试

性能测试内容包括最大声压级、声压级分布、时间差、空间解析度、水平声像定位、垂直声像定位、沉浸感包围、传输频率特性、传声增益、总噪声级、空间声像定位精度、混响时间、系统兼容性功能检查。

8.1.2.3 综合判定



当资料检查及性能测试均符合要求时，综合判定为合格，否则综合判定为不合格。

## 8.2 例行检验

### 8.2.1 性能测试

性能测试内容包括最大声压级、声压级分布、时间差、空间解析度、水平声像定位、垂直声像定位、沉浸感包围、传输频率特性、传声增益、总噪声级、空间声像定位精度、混响时间、系统兼容性功能检查。

### 8.2.2 综合判定

当性能测试均符合要求时，综合判定为合格，否则综合判定为不合格。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 4959-2011 厅堂扩声特性测量方法
- [2] GB/T 50371-2006 厅堂扩声系统设计标准
- [3] GB/T 12060.5-2011 声系统设备 第5部分：扬声器主要性能测试方法
- [4] WH/T 18-2003 演出场所扩声系统的声学特性指标
- [5] SJ/T 10724-1996 测试电容传声器通用技术条件
- [6] GB/T 3241-2010电声学 倍频程和分数倍频程滤波器
- [7] GB/T 3785.1-2023电声学 声级计第1部分：规范
- [8] GB/T 6278-2012 声系统设备 概述 模拟节目信号
- [9] GB/T 28048-2011 厅堂、体育馆扩声系统设计规范