

Study on acoustic characteristics of wall diffuser in multi-functional hall

Shen Gang

Nanjing Tech University, Nanjing

Abstract: At present, the wall diffuser is widely used in the decoration of multi-functional hall. The acoustic simulation software is used to simulate it, to explore the influence of the change of its position on the acoustic quality of multi-functional hall, and to carry out detailed analysis and research, in order to provide guidance for the acoustic engineering design of the diffuser.

Key words: Multifunctional hall; diffuser; acoustic characteristics

Received: 2020-02-17; Accepted: 2020-03-03; Published: 2020-03-05

多功能厅墙面扩散体的声学特征研究

沈 刚

南京工业大学，南京

邮箱: gs.07@sina.com.cn

摘 要: 目前在多功能厅装饰中广泛使用了墙面扩散体，使用声学仿真软件对其进行模拟，探讨其位置的变化对多功能厅音质的影响，并进行了详细的分析研究，以期能为扩散体的声学工程设计提供指导。

关键词: 多功能厅；扩散体；声学特性

收稿日期：2020-02-17；录用日期：2020-03-03；发表日期：2020-03-05

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

随着我国经济的发展，人民的文化事业也越来越受到重视。由于多功能厅

能够实现“一厅多用”，大大提高了其经济和社会效益，广受欢迎。在多功能厅里既要保证语言的清晰度，又要保证声场均匀的扩散，避免出现不良的声学缺陷。运用声扩散体可以有效地提供侧向反射声，消除声聚焦，使室内声场更加均匀。

工程中布置扩散体时，首先需要解决的问题就是墙面扩散体的布置位置。本文将典型的矩形多功能厅为研究对象，采用基于 ODEON 的计算机仿真软件，对目前装饰工程中应用最广泛的三角柱扩散体进行研究。探讨相同面积扩散体分布在不同位置时，对多功能厅声场的影响，以获得良好的扩散声场。

2 多功能厅模型和扩散体布置

厅堂的结构应尽量避免驻波的产生，因此，设计该多功能厅长 24 m，宽 16 m，高 7 m，如图 1 所示，该图是使用 ODEON 建立的 3 D 模型图。ODEON 软件经过了 15 多年的不断完善，基于虚声源和声线跟踪相结合的方法，系目前计算机声场仿真领域内公认的准确度最高的软件之一。声源点设置在 P1 (6, 8, 1.2) 处，如图 1 中红点所示；6 个接收点设置在观众厅一侧，其坐标如表 1 所示。在图 1 中为蓝点标示，由于该厅堂是完全对称的，因此在另一侧没有设置接收点。

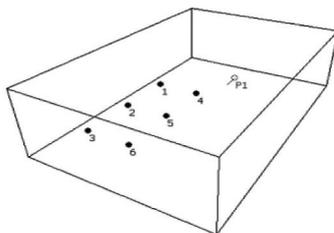


图 1 多功能厅 3D 模型图及声源点和接收点位置

本文采用三角柱体扩散体，如图 2 所示，将其频率下限定为 200 Hz 左右。根据公式

$$\frac{2\pi f}{c} a \geq 4 \quad \frac{b}{a} \geq 0.15$$

可选取 $a=1$ m， $b=0.2$ m，如图 2 中所标示。该尺寸对频率为 216 Hz 以上的声波可达到有效的声扩散。

表 1 接收点坐标

| | | | | | | |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 接收点标号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 接收点坐标 | (10,2.5,1.2) | (15,2.5,1.2) | (20,2.5,1.2) | (10,6.5,1.2) | (15,6.5,1.2) | (20,6.5,1.2) |



图 2 三角柱扩散体模型及其尺寸

为了探讨扩散体布置在不同位置时对多功能厅声学特性的影响，本文共研究 11 种典型的布置方案，将面积为 56 m² 的三角柱扩散体分别布置在侧墙、后墙、顶棚等部分，如图 3 所示。

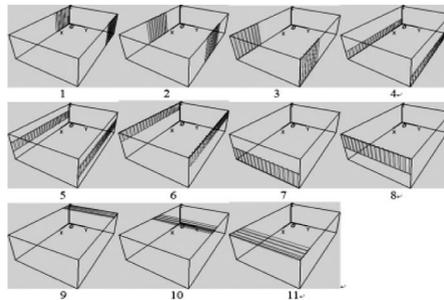


图 3 扩散体布置方案

各界面吸声材料列于表 2 中，扩散体为硬质木板，地面为地毯，天花为石膏板，墙面为木制吸声板。

表 2 多功能厅各界面吸声材料一览表

| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 扩散体 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 地面 | 0.02 | 0.06 | 0.15 | 0.25 | 0.3 | 0.35 |
| 天花 | 0.29 | 0.1 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.09 |
| 墙面 | 0.51 | 0.99 | 0.84 | 0.68 | 0.6 | 0.58 |
| 观众区域 | 0.73 | 0.83 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 0.92 |

3 仿真结果及分析

ODEON 可模拟计算接收点位置处的许多声学参数，如早期衰变时间 EDT、混响时间 T30、声压级 SPL、清晰度 C80 等。图 4 为对 11 种不同方案仿真得到的各声学参数结果的平均值，表 3 为各声学参数在 1000 倍频带处的平均值及标

准偏差的统计结果。图4、表3与图3中的数字编号是对应的。

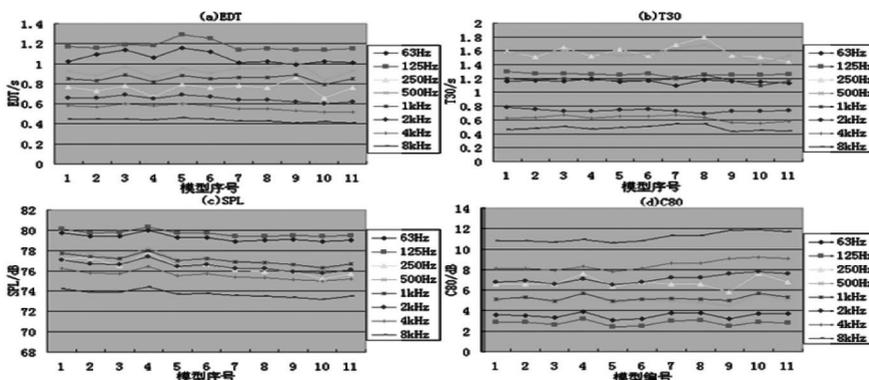


图4 各声学参数仿真平均值

表3 各声学参数 1000Hz 倍频带统计结果

| 模型序号 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| EDT | 平均值 | 0.85 | 0.83 | 0.89 | 0.82 | 0.88 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.89 | 0.79 | 0.85 |
| | 标准偏差 | 0.10 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.12 | 0.09 | 0.07 |
| T30 | 平均值 | 1.20 | 1.18 | 1.20 | 1.18 | 1.17 | 1.17 | 1.20 | 1.25 | 1.17 | 1.10 | 1.16 |
| | 标准偏差 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.05 | 0.06 |
| SPL | 平均值 | 77.7 | 77.4 | 77.2 | 78 | 77 | 77.2 | 76.9 | 76.8 | 76.6 | 76.3 | 76.7 |
| | 标准偏差 | 1.61 | 2.01 | 1.16 | 1.80 | 1.49 | 1.52 | 1.43 | 1.49 | 1.57 | 2.15 | 1.55 |
| C80 | 平均值 | 5.1 | 5.3 | 4.9 | 5.7 | 4.9 | 5.1 | 5.2 | 5.1 | 5.0 | 5.7 | 5.3 |
| | 标准偏差 | 1.29 | 1.07 | 1.03 | 1.29 | 0.99 | 1.05 | 0.85 | 0.83 | 1.05 | 1.40 | 0.90 |

早期衰变时间 EDT 是指声能量停止辐射后，能量最先衰减 10 dB 的时间，早期衰变时间 EDT 对人们的混响时间感受特别重要。由图 4 (a) 和表 3 可知，各模型的 EDT 平均值相差不大，当方案为 5、7、8、11 几种情况时，其中频早期衰变时间的空间标准偏差较小，均不大于 0.07 s。混响时间 T30 描述室内声音衰减缓慢的程度，其长短主要决定于厅堂中吸声材料的设置，因此在图 4 (b) 中，混响时间的平均值无明显差异，由表 3 可得，当方案为 4、5、6、7、8 时，中频混响时间的空间标准偏差几乎不大于 0.05 s，这表明厅堂的各座位之间的混响时间差异甚小，可以认为整个厅内混响时间基本均匀。

由图 4 (c) 可知，各模型听众区域声压级差异不大，对同一频段处的各模型听音区域的声压级差异在 2 dB 之内。扩散体设置在不同位置对平均声压级无明显影响。当方案为 3、5、6、7、8 时，其声压级的空间标准偏差几乎不大于 1.5 dB。整个厅内的声压级基本达到均匀。清晰度 C80 反映了听众区域的语言清晰度。由图 4 (d) 和表 3 可知，清晰度空间分布较为均匀的方案有 3、5、7、8、11 几种。

综合以上分析可知,当扩散体布置方案为3、5、7、8、11几种情况时,该矩形模拟多功能厅扩散情况较好,各声学参数的空间分布比较均匀,空间标准偏差比较小。在这几种布置方案中,扩散体布置在多功能厅的后部,包括侧墙后部、顶棚后部以及后墙。但是,这几种布置方案其声学参数的平均值较其它方案欠理想,可以通过改变吸声材料和吸声结构达到理想的声学条件。因此,建议在厅堂后部敷设一定的扩散体,以达到良好的扩散声场。

4 结论

通过使用ODEON声学仿真软件对多功能厅进行模拟,探讨将扩散体布置在多功能厅不同位置时,对厅堂声学特性和声场分布的影响。结果表明,将相同面积的三角柱扩散体布置在厅堂后部时(侧墙、天花、后墙),其声场分布较为均匀,各声学参数的空间标准偏差较小。这个结论能够为厅堂扩散体的声学设计提供一定的指导。

参考文献

- [1] 牛麟,蔡利达. 多功能厅的声学环境营造[J]. 电声技术, 2002(201).
- [2] 秦佑国,王炳麟. 建筑声环境[M]. 北京:清华大学出版社, 1992.
- [3] Clause Lynge Christensen. Odeon room a-cousticsprogram, version9. 0, UserManual[Z]. Industrial, Auditorium and Combined Editions, 2007.
- [4] 王峥,项端祈,陈金京,等. 建筑声学材料与结构——设计和应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [5] 杜功焕,朱哲民,龚秀芬. 声学基础[M]. 南京:南京大学出版社, 2004.