

5.1 通路环绕声系统重发特性的软件分析

郭天葵

(广东工业大学 实验中心, 广东 广州 510500)

摘要: 利用新近制作的一立体声与环绕声声像分析软件, 对 5.1 通路环绕声系统的声像定位特性进行分析, 得到与用环绕声声像定位公式计算相一致的结果. 软件还对该系统的声像清晰度和自然度进行了评价.

关键词: 5.1 通路; 声像定位; 清晰度; 自然度

中图分类号: TN912.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2005)01-0088-04

5.1 通路环绕声系统(或 5 通路 3/2 环绕声系统, 还有 1 次低音通路)已被多个国际组织(包括 SMPTE、EBU、ITU-R 等)推荐作为 HDTV 和通用多通路环绕声系统的声音标准, 并已在数字视盘 DVD 中得到了广泛应用. 在对该系统以往的许多研究中, 大多集中在 6 个通路信号的编码记录和传输上, 而对系统的重发声像特性方面较少研究. 在前已发表的有一篇论文^[1]涉及这一方面的问题, 该文运用环绕声声像定位公式对系统的声像特性进行了理论研究, 做了相应的主观听觉定位实验, 理论分析和实验结果较为一致. 这里, 本文将采用另一方法, 即双耳声信号的相关分析方法^[2]对上述系统进行声像定位分析, 并将该方法用 MATLAB 高级程序设计语言制成了一立体声与环绕声声像分析软件, 软件的界面友好, 交互性强, 可对各种立体声系统的效果作出准确评价.

1 5.1 通路环绕声系统

系统采用如图 1 的扬声器布置及相应的 5 个独立全频带信号传输通路(本文将不涉及次低音通路问题). 在图中, 各扬声器的方位角分别为(坐标选取: $\theta=0^\circ$ 为正前方, $\theta=90^\circ$ 为正左方)

$$\theta_L = 30^\circ, \theta_C = 0^\circ, \theta_R = -30^\circ;$$

$$\theta_{SL} = 110^\circ, \theta_{SR} = -110^\circ.$$

5.1 通路系统采用分立一对的信号馈给方式, 即通过只将信号馈给任一扬声器而馈给其它扬声器的信号为零来产生扬声器方向上的声像, 通过将信号馈给任一对相邻扬声器而馈给其它扬声器的信号为零来产生它们之间的声像.

2 立体声与环绕声声像分析软件

软件用 MATLAB 高级计算机程序设计语言^[3]编写, 它分别以人头的刚球模型理论计算^[4]和 MIT 实验测量^[5]的 HRTF(头相关传输函数)数据为基础, 运用双耳声信号的相关分析方法来对

收稿日期: 2003-12-30

作者简介: 郭天葵(1975), 男, 助教, 主要研究方向为立体声与音质评价.

平面声级差型立体声与环绕声系统的声像特性进行分析。图 2、图 3 分别为软件的初始界面和软件运行后的作图界面。软件的主要运行步骤为

- 1) 首先选定计算双耳声压的模型, 有刚球模型理论计算和 MIT 实验测量的 HRTF 数据供选择。
- 2) 输入多个扬声器布置的方位角, 取值范围为 $-175^{\circ} \sim 180^{\circ}$, 方位角取些个位是 5 或 0 的数值。
- 3) 选定扬声器信号馈给方式, 有声场式或分立对式两种。如果是声场式信号馈给, 还要在一个弹出式列表框选择是哪一种多通路环绕声系统。
- 4) 选择馈给扬声器的信号类型, 有单频声(简谐声)、宽频噪声(粉红噪声或白噪声)和 .wav 波形文件三类。
- 5) 点击运行菜单, 之后会出现一输入对话框或文件选择对话框, 如果前面选择的信号类型是单频声, 则输入单一的具体的频率数值; 如果信号类型是宽频噪声, 则须输入噪声的频率范围和噪声的类型(输入 p 指粉红噪声, 输入 w 指白噪声; 如果信号类型是 .wav 波形文件, 则在文件选择对话框中选择文件。随后确认对话框, 则软件主体程序运行。大约需要几分钟的时间, 视界面设置的不同所需运行时间也有所不同, 运行完毕可进入到软件的作图界面。
- 6) 作图界面中, 在横坐标区点击选取横坐标表示的物理量, 在纵坐标区点击选取纵坐标表示的物理量, 这些动作均可在相应的编辑框中显示出来, 然后点击作图按钮即可在坐标图区作图。如果选取的横坐标和纵坐标不匹配, 则不能作出任何图形。对作出的图形, 还可利用界面窗口提供的各种工具对图形作多种修饰。

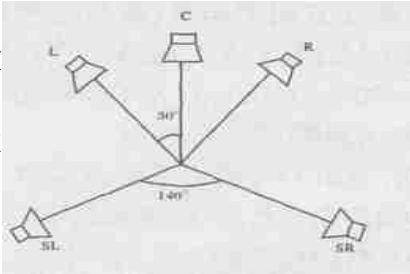


图 1 5.1 通路系统的扬声器布置

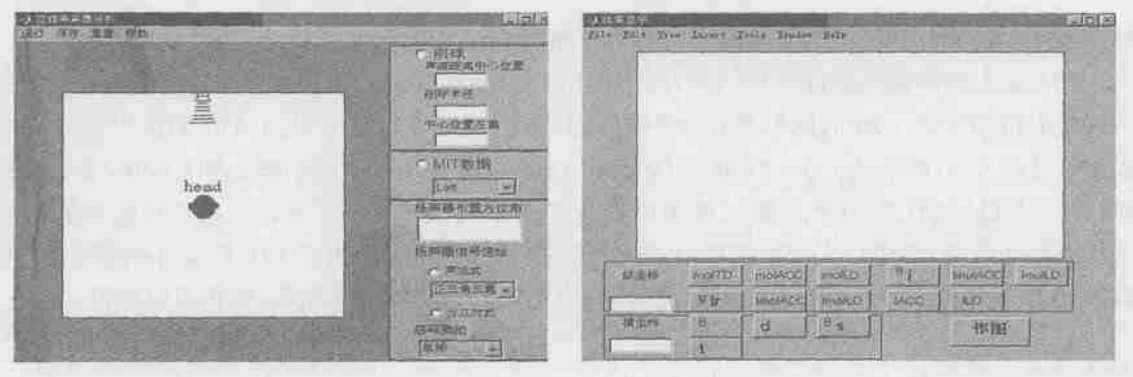


图 2 声像分析软件的界面

图 3 软件运行后的作图界面

3 5.1 通路环绕声系统的声像特性分析

由于 5.1 通路环绕声系统的扬声器布置具有左右对称性, 而且其采用的是分立一对的信号馈给方式, 故以下的声像特性分析只考虑倾听者左方和后方产生声像的情形。在界面的设置中, 因为 MIT 实验室测量的 HRTF 数据是用仿真人头在仿真耳朵中记录的, 这更符合实际倾听的情况, 所以选用实验测量的 HRTF 数据来进行双耳声信号的相关分析。而馈给扬声器的是男声语言信号, 这有利于检验系统的声像重发特性。

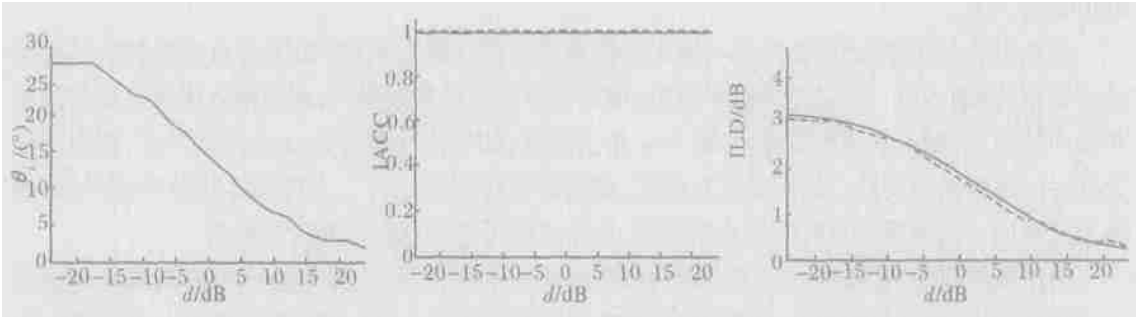
3.1 前左方向的声像(馈给信号的扬声器方位角为 $\theta_L= 30^\circ$, $\theta_C= 0^\circ$)

图 4 给出了 5.1 通路环绕声前左方向声像的软件分析结果, 图中馈给扬声器对的信号强度差 $d= 20 \lg(C/L)$, L 表示馈给方位角为 $\theta_L= 30^\circ$ 的扬声器的信号强度, C 表示馈给方位角为 $\theta_C= 0^\circ$ 的扬声器的信号强度.

从图 4(a)可看出重发声像位置与扬声器馈给信号强度差的关系, 当 $d> 0$ 或 $d< 0$ 时, 随着 d 的绝对值的增大, 声像逐渐趋于右边或左边的扬声器方向.

图 4(b) 比较前左方向声像的 IACC 和对应位置单声源的 IACC, 可以看出, 无论是声像重发, 还是单声源发声, IACC 都近似为 1, 与单声源比较, 声像明晰度没有明显的下降, 声像定位准确.

图 4(c) 比较前左方向声像的 ILD(双耳声级差) 和对应位置单声源的 ILD, 可以看出, 随着馈给扬声器对信号强度差的增大, 左右耳的 ILD 慢慢减小. 而且立体声重发的 ILD 和对应位置单声源的 ILD 相差不大, 从图上可近似看出, 对任一重发声像, 两者的差别在 1dB 以下, 声像非常自然.



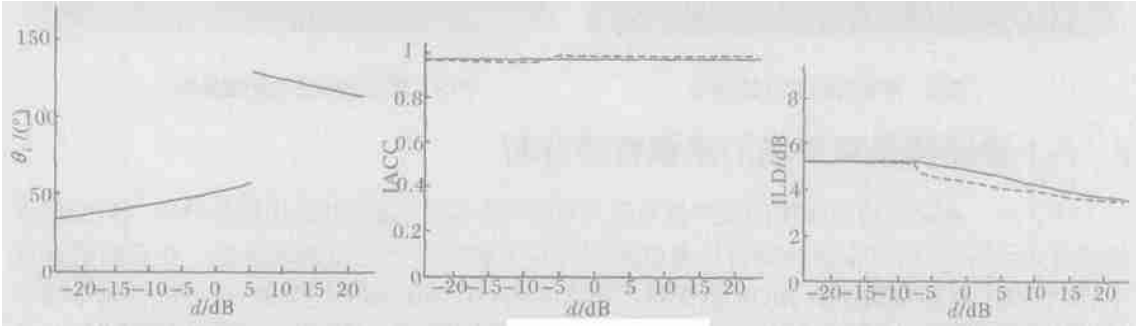
(a) 声像位置与 $d= 20 \lg(C/L)$ 的关系 (b) 重发声像与单声源发声 IACC 的对比 (c) 重发声像与单声源发声 ILD 的对比

图 4 前左方重发声像的分析

(图中的实线表示重发声像的情形, 虚线表示单声源发声的情形, 图 5、图 6 同理)

3.2 左侧方向的声像(馈给信号的扬声器方位角为 $\theta_L= 30^\circ$, $\theta_{SL}= 110^\circ$)

图 5 是左侧声像的软件分析结果, 图中馈给扬声器对的信号强度差 $d= 20 \lg(L_S/L)$, L 表示馈给方位角为 $\theta_L= 30^\circ$ 的扬声器的信号强度, L_S 表示馈给方位角为 $\theta_{SL}= 110^\circ$ 的扬声器的信号强度. 从图 5(a) 可看出, 当 $- 24\text{dB}< d< 7.5\text{dB}$ 时, 声像从 30° 变化到 55° , 当 $7.5\text{dB}< d< 24\text{dB}$ 时, 声像从 125° 变化到 110° , 出现了两扬声器布置之外的界外声像. 无论馈给扬声器对的信号强度差如何改变, 对固定头部面向正前方的倾听者, 在 55° 到 110° 的范围内都没有声像出现, 即此区间为一声像“死区”. 这一点和用环绕声声像定位公式计算结果相似, 也和实验相符.



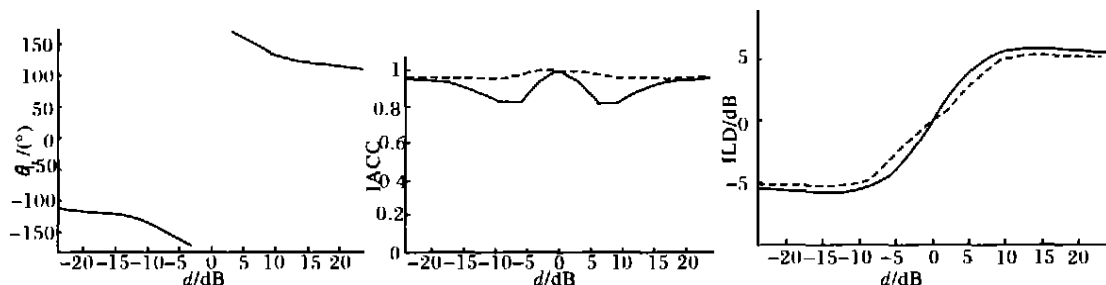
(a) 声像位置与 $d= 20 \lg(L_S/L)$ 的关系 (b) 重发声像与单声源发声 IACC 的对比 (c) 重发声像与单声源发声 ILD 的对比

图 5 左侧方向声像的分析

再看图 5(b) 和图 5(c), 左侧向重发的声像和单声源发声时的 IACC 都有所降低, 约在 0.97 左右, 因而在这些位置发声的声源和重发的声像, 清晰度稍有降低, 声像容易展宽、变模糊. 而对于重发声像的 ILD 与对应位置单声源发声时的 ILD, 在侧向的部分位置, 其差别尽管较前左方的这种差别大, 但仍在 1dB 以下, 这表明这些位置的声像还是较为自然.

3.3 后方声像(馈给信号的扬声器方位角为 $\theta_{SL} = 110^\circ$, $\theta_{SR} = -110^\circ$)

类似前面的分析来看图 6 的结果, 此时馈给扬声器对的信号强度差 $d = 20 \lg(L_S/R_S)$, L_S 表示馈给方位角为 $\theta_{SL} = 110^\circ$ 的扬声器的信号强度, R_S 表示馈给方位角为 $\theta_{SR} = -110^\circ$ 的扬声器的信号强度. 图 6(a) 显示, 由于左环绕、右环绕扬声器的对称布置, 在它们之间重发的声像也对称分布, 这和双通路立体声重发的时候有点相似. 但是从图 6(b) 显示, 只是在正后方和扬声器方向重发声像的 IACC 较高, 约 0.95 左右, 声像清晰度还较高, 在后方的大部分位置重发的声像, 其 IACC 降到了 0.90 以下, 有些位置重发的声像, 其 IACC 更是接近 0.8, 声像变得相当模糊, 难以准确定位. 而从图 6(c) 比较重发声像 ILD 和对应位置单声源发声的 ILD 来看, 对大部分位置重发的声像, 其差别都在 1dB 左右, 相比侧向的情形, 声像开始变得有点不自然. 这些和以往的心理声学实验研究结果是一致的^[6].



(a) 声像位置与 $d = 20 \lg(L_S/R_S)$ 的关系 (b) 重发声像与单声源发声 IACC 的对比 (c) 重发声像与单声源发声 ILD 的对比

图 6 后方重发声像的分析

4 结束语

前面利用新近制作的立体声与环绕声声像分析软件, 对 5.1 通路环绕声系统的声像特性进行了分析, 结果表明, 无论是对系统侧向方向重发的声像, 还是前方与后方重发的声像, 都得到与用环绕声声像定位公式计算相一致的结果. 另外, 应用软件具有的声像清晰度和自然度分析功能, 系统重发声像的清晰度和自然度得到了评价, 其结果也与以往的心理声学定位实验较为相符.

参考文献:

- [1] 谢菠荪. 对 5 通路 3/2 环绕声系统缺陷的分析[J]. 应用声学, 1997, 16(5): 1-7.
- [2] 谢菠荪. 立体声与环绕声像的相关分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 1999, 27(3): 361-365.
- [3] 楼顺天, 于卫, 阎华梁. MATLAB 程序设计语言[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1997.
- [4] P M Morse, K U Ingard. 理论声学(中译本)[M]. 吕如榆译. 北京: 科学出版社, 1984.
- [5] Bill Gardner, Keith Martin. HRTF Measurements of a KEMAR Dummy Head Microphone[EB/OL]. <http://sound.media.mid.edu/KEMAR.html>, 1994-05-18.
- [6] J Blauert. Spatial Hearing[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.

(下转第 123 页)

Oscillation for Second Order Half-linear Functional Differential Equations

XING Hong-yan

(Faculty of Applied Mathematics, Guangzhou University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: By means of auxilliary functions and Young inequality technique, new oscillation criteria are established for second order half-linear functional differential equations. Its results extend and improve the oscillation theorem of Agarwal R. P. et al.

Key words: oscillation; second order half linear functional differential equations; Young inequality

(上接第 91 页)

Software Analysis of Sound Image Trait for 5.1 Channel Surround Sound System

GUO Tian-kui

(Experiment Center, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510500, China)

Abstract: By using a newly-made software for stereophonic and surround sound image analysis, this paper analyzes sound image localization trait for 5.1 channel surround sound system. The result is consistent with that of computation based on surround sound image localization formular. The software also evaluates the sound image clearness and naturalness of the system.

Key words: 5.1 channel; sound image localization; clearness; naturalness