



电声技术及其应用丛书

声学设计软件 EASE 及其应用

高玉龙 编著



随书附光盘一张



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电声技术及其应用丛书

声学设计软件 EASE 及其应用

高玉龙 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

声学设计软件 EASE 及其应用/高玉龙编著. —北京:
国防工业出版社, 2006. 2
(电声技术及其应用丛书)
ISBN 7-118-04311-7

I. 声... II. 高... III. 电声技术—声学设计—应
用软件, EASE IV. TN912. 202—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005307 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 455 千字

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 38.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

编者的话

进入信息时代,随着移动通信技术、多媒体技术的迅猛发展以及家庭影院、数字化视听终端的不断完善和出新,电声技术也进入了大发展时期。先进的设计、计算机辅助设计的测量软件 and 设备的引入,使电声技术领域不论是设计水平还是生产能力都取得了前所未有的发展,传统的设计手段、生产工艺、生产设备以及测试仪器不断得到优化;新型的电声器件如数字式、硅集成等产品层出不穷;高保真化、片式化、微型化、薄型化、低功耗、高功率、多功能、组件化成为电声器件新的发展趋势;同时,产品的安全以及是否环保也成为影响其市场前景的重要因素。

为了追踪电声技术领域的新发展,更为了满足该领域从事声频工程、音响技术、录音技术、软件模拟、声像灯光、舞台音响以及电声器件的设计、生产、安装、调试和工作人员的需要,我们组织编写了这套《电声技术及其应用丛书》。

本丛书覆盖面广,图文并茂,资料翔实,将理论阐述和实例分析与操作技巧有机地结合。因此,系统性、实用性和新颖性是本套丛书的突出特点。

在选材上,已收入本套丛书的书目包括:介绍新型电声器件的《电声技术与微型扬声器》;介绍计算机辅助声学设计的《声学设计软件 EASE 及其应用》;介绍数字声频技术及其应用的《数字声频设备与系统工程》;介绍音质设计中的建筑因素及其处理方法的《音质设计与建筑因素》;介绍组合音响中各种设备的原理、调试与维修的《音响设备原理与维修》;介绍多声道录音设备及其操作的《现代录音技术实战》;介绍电声测量知识的《声频测量技术》;介绍音响师必备知识的《音响师声学基础》……

在写法上,本套丛书以实用性、启发性和普及性为出发点,避免艰深的理论探讨和繁复的数学推导;文字叙述通俗易懂,原理阐述深入浅出;借助图和表,使阅读更加轻松、易懂,一目了然。

在写作水平上,本套丛书的作者都是活跃在电声技术领域的教授、专家,科研院所的技术骨干,生产企业的行家里手;既有比较扎实的理论基础,又有丰富的实践经验。所以应该说,本套丛书的每一本都是作者多年教学、科研与实践的概括和总结,希望带给读者的是一本本集原理介绍、案例分析和操作技巧于一体的、使用上得心应手的工具书。

在后续选材上,由于本套丛书意在做成开放式,便于追踪技术发展和市场需要,不断充实和添加新的书目。目前待加入的书目包括“声像灯光技术”、“音响设备测试”、“专业音响调音技巧”和“音响工程的设计与施工”等,希望有识之士、业内专家、学者加盟我们,以你们的学识和才智,通过编辑和出版社的桥梁,精心打造出受读者欢迎的书籍。

我们衷心希望这套丛书能对从事电声技术的研究、设计、生产、检测的人员和广大的音响爱好者有所帮助,更希望业内专家、学者以及广大的读者朋友对这套丛书提出宝贵意见和建议,让我们做得更好!

二零零五年十二月

前 言

准确地预测房间的声学特性是声学工作者孜孜以求的目标。采用声学模拟设计软件预测厅堂声学特性,评估和调整建筑声学设计方案及扬声器布置方案,已成为当今声学计算机辅助设计的一种趋势。

近年来在国内厅堂建筑声学设计和扩声系统设计中,声学设计软件 EASE 作为计算机辅助设计工具得到日益广泛的采用。它既可以在工程设计(投标)中说明设计者的综合考虑(包括建声和电声两方面),预计将要达到的声学效果,还可以为指导厅堂扩声工程施工提供相应的技术数据。

目前系统介绍声学设计软件 EASE 的中文书籍还不多见。因此使广大 EASE 初学者快速入门,使有一定基础者得以提高就成为本书的编写宗旨。本书读者对象是声学顾问、厅堂建筑声学设计师、音响公司扩声系统设计人员、建筑设计院所设计人员、有关科研单位的研究人员以及建筑、声学相关专业的大专院校师生。

本书各章节安排如下:

第1章简要介绍 EASE 软件的由来、功能、用户对象等。第2章是学习 EASE 软件的声学基础知识。它包括软件涉及到的建筑声学、电声学以及相应的部颁标准、行业标准。这一点对于想学习该软件但又不具备声学基础知识的读者尤其重要。对于具有一定声学基础的读者浏览一下也是有益的。从第3章至第8章对 EASE 软件的 DOS 版本、EASE3.0 版本、EASE4.0 版本进行介绍,并用4章的篇幅对 EASE3.0 版本作重点介绍,包括建立房间模型和声学特性模拟研究等。第9章对 EASE 软件在厅堂扩声系统应用中的一些问题进行了讨论,也指出当前 EASE 使用中存在的一些误区。

本书配套光盘含有软件操作过程的大量视频演示文件,能直观地帮助读者学习 EASE 软件的操作和使用,即使那些工作繁忙的读者也能很快入门。

本书编制国内吸声材料数据库采用了马大猷院士、沈嶷等老师声学专著中提供的权威数据。北京邮电大学管善群老师对本书作了仔细校阅,并提出宝贵的修改意见。在此笔者对他们表示衷心感谢。

在学习和研究 EASE 软件的使用过程中,中国电子科技集团第三研究所陈建利高级工程师、中国音响第一网版主冯松云高级工程师、成都陈木军先生、朱昀先生以及谢勇先生给予了笔者各种帮助。本书国内吸声材料数据库录入和相应表格的整理以及一些模型的建立工作是由高南音同志协助完成的;责任编辑刘萍为本书出版付出大量辛勤的劳动;笔者在这里向他(她)们表示由衷的谢意。

由于水平有限,编写时间仓促,错误和不妥之处敬请读者指正。

联系电邮:avdr@sina.com

2005 年 11 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 声学模拟的由来	1
1.2 EASE 软件功能	4
1.3 EASE 设计的重要性	5
1.4 EASE 软件的用户对象	6
1.5 本书配套光盘主要内容	6
第 2 章 基础知识	8
2.1 引言	8
2.2 声学基本知识	8
2.2.1 关于声音	8
2.2.2 声音级的概念	10
2.2.3 声源	11
2.2.4 人耳对声音的感知效应	13
2.2.5 声音的主观评价	16
2.2.6 噪声	18
2.3 建筑声学	19
2.3.1 厅堂音质	19
2.3.2 混响时间及其计算公式	19
2.3.3 最佳混响时间	22
2.3.4 吸声材料(结构)特性	22
2.3.5 对不同功能厅堂的设计要求	28
2.4 电声学	39
2.4.1 扬声器分类	40
2.4.2 扬声器特性指标	41
2.4.3 线阵列及其特性	45
2.4.4 扬声器选用	49
2.4.5 扬声器系统的合理设计和使用	50
2.5 EASE 软件中的声学及音质评价参量	51
第 3 章 EASE2.0 软件	53
3.1 EASE 程序文件组成	53
3.1.1 可执行程序模块	53
3.1.2 辅助文件	53

3.1.3	3 个子目录	54
3.2	EASE 命令及菜单	55
3.2.1	键盘指令	57
3.2.2	EASE 菜单	58
3.2.3	LSP 菜单	59
3.2.4	WALL 菜单	60
3.2.5	DATA 菜单	61
3.2.6	FILE 菜单	62
3.2.7	ROOM 菜单	63
3.2.8	VIEW 菜单	64
3.2.9	CALC 菜单	65
3.2.10	RAYS 菜单	65
3.3	阅读已有 EASE 工程项目文件	67
3.3.1	进入主菜单并读入该项目文件	67
3.3.2	查看项目厅堂建筑模型	69
3.3.3	查看厅堂混响时间曲线及数据	73
3.3.4	查看听声面声场声压级分布图	73
3.3.5	查看听声面辅音损失率 Alcon% 图	75
3.3.6	查看扬声器声线图	76
3.4	创建 EASE 工程项目文件	77
3.4.1	概述	77
3.4.2	房间模型	78
3.4.3	建模规则	79
3.4.4	创建项目	79
3.4.5	设置参数	81
3.4.6	装载数据库	83
3.4.7	编辑房间命令	85
3.4.8	建立房间模型	89
3.4.9	输出声学模拟结果	96
3.5	EASE 项目文件结构	98
3.5.1	研究 EASE 项目文件结构的目的	98
3.5.2	EASE 项目文件结构的揭示	99
3.5.3	一个完整项目文件的判别	101
3.6	主要内容回顾	101
第 4 章	EASE3.0 软件概述	103
4.1	软件版本	103
4.2	软件安装	104
4.2.1	软件安装位置	104
4.2.2	软件安装步骤	104

4.2.3	软件注册	107
4.3	程序文件组成	108
4.3.1	程序模块构成	108
4.3.2	程序模块连接图	108
4.4	项目文件结构	109
4.4.1	EASE3.0 项目文件的特征	109
4.4.2	EASE3.0 项目文件数据的关联	110
4.5	EASE3.0 操作命令	110
4.5.1	显示界面	110
4.5.2	键盘指令操作	111
4.5.3	菜单指令操作	113
4.5.4	工具图标指令操作	121
4.5.5	鼠标操作	126
4.6	主数据库	127
4.6.1	扬声器数据库	127
4.6.2	吸声材料数据库	127
4.7	阅读项目案例	128
4.7.1	打开项目案例文件	128
4.7.2	查看厅堂建模图	129
4.7.3	查看厅堂混响时间	132
4.7.4	查看厅堂语言清晰度	133
4.7.5	查看声场声压级分布图	135
4.7.6	查看其他内容	136
第 5 章	EASE3.0 吸声材料数据库	138
5.1	EASE 现有吸声材料数据库	138
5.2	建立国内吸声材料数据库	140
5.2.1	必要性	140
5.2.2	数据要求	140
5.3	建立 SS 吸声材料数据库	141
5.3.1	吸声材料数据表	141
5.3.2	驻波管值转换成混响室值	141
5.3.3	建立吸声材料数据库	142
5.3.4	SS-国内吸声材料数据库	144
5.4	建立 SJ 吸声材料数据库	146
5.4.1	吸声材料数据表	146
5.4.2	建立吸声材料数据库	146
5.5	示范演示文件	149
第 6 章	EASE3.0 房间模型的建立	150
6.1	建模流程图	150

6.1.1	关于建模的一些补充说明	150
6.1.2	建模流程图	151
6.2	绘制房间模型的基本方法	152
6.2.1	画点的方法	153
6.2.2	画面的方法	154
6.2.3	画门的方法	156
6.2.4	画窗的方法	158
6.2.5	画台阶的方法	162
6.2.6	画座位区的方法	165
6.2.7	画听声面的方法	166
6.2.8	画边线的方法	168
6.2.9	画扬声器的方法	169
6.2.10	画测试点的方法	173
6.2.11	设置吸声材料的方法	174
6.2.12	查找孔洞的方法	176
6.3	绘制房间模型的造型方法	178
6.3.1	插入二维造型	178
6.3.2	插入三维造型	179
6.4	绘制房间模型的模板方法	181
6.4.1	房间建模模板资料库列表	181
6.4.2	使用房间模板建模示范	185
6.5	建模设计举例	186
6.5.1	报告厅设计要求	186
6.5.2	报告厅建模步骤	187
6.6	建模操作演示片说明	197
第7章	EASE3.0 房间声学特性的模拟研究	198
7.1	声场声压级	198
7.1.1	直达声声压级	198
7.1.2	总声压级	199
7.2	C测量	202
7.2.1	D/R比	202
7.2.2	语言可懂度	202
7.2.3	音乐明晰度	203
7.2.4	C_{split}	205
7.3	声压级	205
7.3.1	L_7	205
7.3.2	L_{50}	205
7.3.3	L_{80}	205
7.3.4	L_{split}	206

7.4	辅音损失率与快速语言传递指数	206
7.4.1	辅音清晰度损失率	206
7.4.2	快速语言传递指数	208
7.5	其他声学特性	210
7.5.1	扬声器瞄准图	210
7.5.2	声线图	210
7.5.3	临界距离	211
7.5.4	D/R 比	211
7.5.5	到达时间	211
7.5.6	初始时延差	213
7.5.7	扬声器覆盖的重叠	213
7.5.8	渲染绘图	213
7.6	高级声学特性研究	214
7.6.1	声线跟踪	215
7.6.2	声线碰撞	220
7.6.3	声线碰撞文件的应用	226
7.6.4	可听化技术	230
7.7	本章操作演示片说明	244
第8章	EASE4.0 软件简介	245
8.1	程序文件组成	245
8.1.1	程序模块构成	245
8.1.2	程序模块连接图	246
8.2	项目文件结构	247
8.3	比 EASE3.0 改进之处	249
8.3.1	全新的用户界面	249
8.3.2	改进的声线跟踪模块	250
8.3.3	EASE 阅读器	251
8.3.4	强大的对象组功能	251
8.3.5	Mapping 程序添加了反射能量	254
8.3.6	探针的改进	255
8.3.7	灯光、材质(纹理)和视觉效果	255
8.3.8	更好的项目数据	255
8.3.9	增强的扬声器数据库和滤波器	255
8.3.10	增强的 EARS 程序模块	256
8.3.11	新的程序模块 AURA	257
8.4	声学特性参数	258
8.4.1	早期衰变时间(EDT)	258
8.4.2	中心时间(T_s)	258
8.4.3	语言清晰度(D_{50})	259

8.4.4 音乐明晰度(C_{80})	259
8.5 其他说明	259
第9章 EASE 在厅堂扩声系统中的应用	260
9.1 对新建和现有厅堂的设计	260
9.1.1 新建厅堂设计	260
9.1.2 现有厅堂设计	261
9.2 混响时间曲线中反映出的误区	264
9.2.1 混响时间曲线	264
9.2.2 吸声材料设置	266
9.3 EASE 版本问题	269
9.4 项目文件的转换与交换	270
9.4.1 项目文件的转换	270
9.4.2 项目文件的交换	271
9.5 EASE 项目设计的准确度	273
9.6 声学模拟与实测结果对比案例	275
附录	278
附录1 EASE3.0 Full 材料库吸声系数表	278
附录2 SS-国内吸声材料库吸声系数表	286
附录3 SJ-国内吸声材料库吸声系数表	292
附录4 最佳混响时间推荐曲线	301
参考文献	304

第 1 章 概 述

在 EASE 2.13 版, EASE 的全称是由英文 Electro Acoustic Simulator for Engineers 每个单词的第一个字母组合而来的, 意思是电声工程模拟软件。

自 3.0 版开始, EASE 的全称改由英文 Enhanced Acoustic Simulator for Engineers 每个单词的第一个字母组合而来的, 意思是高性能的声学工程模拟软件。说明后者比前者在性能上有了显著增强。良好的建筑声学环境(混响时间合理, 声场均匀等) 是取得厅堂扩声良好音质的重要前提之一, 在进行一些厅堂扩声系统设计时, EASE 能以各种图示的方式直观显示厅堂声学特性的计算结果等各项声学预测和评估功能。另外还可进行工程设计阶段的模拟演示, 比如伴听功能等。厅堂内表面吸声材料的优化设置和获得较佳声学特性的各个扬声器的摆放数据, 对于工程施工也具有相当重要的实际指导作用。

1.1 声学模拟的由来

20 世纪 30 年代, 采用经典的缩小比例(缩尺) 模型实验测量技术可以预知和预听厅堂的声学特性。

此后长期以来, 厅堂音质设计常常采用缩尺模型实验的方法。所谓缩尺模型就是按厅堂建筑的实际尺寸的 $1:10$ 或 $1:20$ 制作一个模型, 在该模型内研究声波的传播及声学特性, 并按一定的比例关系折算到实际厅堂中, 从而了解其声学特性情况。模型内部材料的变更、修改方便, 费用低, 也有利于几种方案的比较。

模型与实物尺寸之比为 $1:n$, 测量频率之比为 $n:1$, 声音传播速度之比为 $1:1$, 模型在测量频率 nf 下的材料吸声系数与实物材料吸声系数之比为 $1:1$ 。因此, 在模型中要采用特殊设计制作的扬声器和传声器, 另外在模型测量高频率下的材料吸声系数也需要在模型混响室对各种可供选用的吸声材料和结构进行测试, 从中选出与实物相近的使用。 n 值有一定的限度, 因为它越高, 可供选用的与实物相近的吸声材料和结构越不容易找到, 而相应的扬声器和传声器制作难度也越大。

可以看出满足缩尺模型实验的各种条件要求也很高, 在一个模型中完成所有实验是很困难的。通常为了某一实验目的而制作的模型就能简化这些条件。例如, 只是了解近次反射声的路径、反射点位置等声线的几何特性, 而不涉及声能分布, 则只要模型的几何相似, 采用光波射束代替声源时, 内表面采用镜面, 在模型中充满烟雾, 可以直观地看到几次反射线的路径图形。

近年来随着高频声学仪器和测量技术的发展, 高质量的高频扬声器和传声器、专业的高频多速录音机、实时分析仪和数据处理设备相继问世, 为缩尺模型实验在高频声进行各种声学测量提供了技术手段。例如在衰减过程、混响时间、脉冲响应等测量中, 可在模型中

对传声器输出信号进行高速录音,然后以 $1:n$ 速度低速重放,即可得到实物厅堂中的结果。然而由于模型制作成本较高,需要利用填充氮气或干燥空气的方法降低高频空气吸收,以及模拟材料吸声特性难于控制的因素,这种方法存在很大的局限性。

也有人采用几何声线作图法进行声场设计。根据几何声学原理用声线作图法可以了解厅堂的具体形状和吸声材料分布情况对反射声分布的影响。由于这种方法的画图工作量很大,需花费很多时间,也只能在几个有代表性的厅堂剖面上画出为数有限的声线,作为大致了解。图 1-1 自左至右分别表示一个剧场的纵剖面与平面声线作图示意图。图中绘制声线的要点是某一条声线反射角要与入射角相等。这里假定反射到地面的声线全部被吸收。

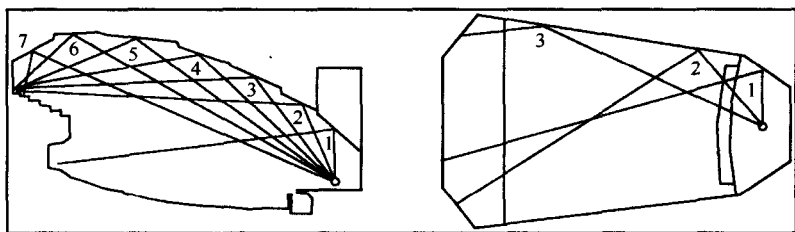


图 1-1 纵剖面与平面声线作图示意图

但上述两种方法距离定量的设计计算还有很大差距。此后,人们在不断探索各种方法,以便在一座厅堂尚未建成之前就能快速地预先知道它的各种声学特性,并能够满足预定的要求。这就是声学设计中对声场进行模拟设计的设想。

随着计算机技术的发展,计算机数学模型开始代替缩尺模型。原来根据经典公式对厅堂建筑声学混响时间、语言清晰度等参数用人工进行繁杂的计算工作,逐渐为计算机辅助设计所代替。原来根据几何声线作图法进行估算,也被以几何声学为基础的声线跟踪法和虚声源法的计算机声场模拟所代替。

所谓“声线跟踪法”是从声源向各方向发射的“声粒子”,遇到反射面按照入射角等于反射角的法则确定新的传播方向,跟踪它们的传播路径。“声粒子”因反射面对声音的吸收,能量在逐渐衰减。

为了计算听声点的声场,需要定义一个听声点周围的立体区域(通常用球形)来捕获经过的粒子。为了保证精度,必须有足够密的声线和足够小的听声点球形区域。对于一个表面积为 10m^2 的房间中传播 600ms 的声音,至少需要 100000 条声线。

声线跟踪法的主要优点是算法简单,容易在计算机中进行运算,算法的复杂度与房间“面”的数量成正比。通过确定声线镜面反射路径、漫反射路径、折射和衍射路径,能够模拟非直达混响声场,甚至可以模拟含有曲面的声场。

声线跟踪法有 3 个主要缺点:一是为了避免丢失重要的反射路径,需产生大量声线,因此计算工作量巨大。二是声线跟踪计算结果取决于听声点的位置,如果进行声压级分布计算,在房间声场听声面上需要对许多位置进行计算。对结果要求越精细,则计算工作量将越大。第三,由于声音的波动特性,波长越长,绕过障碍物的能力就越强,在低频段声线跟踪方法计算结果靠不住。

所谓“虚声源法”是建立在镜面反射虚像原理上,用几何法作图求得反射声的传播范

围。虚声源法的准确度较高,但计算工作量过大。

随着计算机硬件运算速度的不断提高,联合使用了声线跟踪法和虚声源法的计算机辅助设计软件,不仅可将建声的有关特性与电声(扬声器布局)作为一个整体进行考虑和计算,还能给出各听众席声学特性的计算参考数据。于是从原来的定性设计估算,变成了定量的设计计算,极大地缩短了设计计算时间。

自 20 世纪 70 年代以来国际上一些著名的公司相继开发声学(建声、电声)模拟计算机辅助设计软件。这些软件在不同时期适应不同品牌扬声器数据库。随着计算机硬件和操作系统的逐渐升级,其软件算法在不断地完善,建模方法和计算结果的显示也在不断地完善。

但目前国际上广泛采用的是德国 Ahnert 声学设计公司(ADA 公司)自 1990 年起开发的 EASE 设计软件。

EASE 1.0 版软件是运行在 MS-DOS 系统环境下,当时是作为一种声学顾问软件问世。1994 年升级到 EASE 2.12 版软件,1995 年升级到 EASE 2.13 版软件,也就是 EASE 2.0 版的最高版本。

1999 年该公司推出运行在 Win95/98/NT 环境下的 EASE 3.0.064.6 版,随后陆续升级到 EASE 3.0.0650 版、EASE 3.0.0690 版、EASE 3.0.0700 版(EASE 3.0 最高版本)。

此后继续开发新的软件版本,2000 年春天称新的版本为 EASE 4.0 版。原计划在 2001 年秋天在美国 AES 大会上发布。由于 2001 年纽约发生的 9·11 恐怖事件,大会被延期。2002 年 8 月该公司正式发布可在 Win98/2000/NT/XP 的环境运行下的 EASE 4.0 版软件及相关的使用手册和指南。2003 年秋发布了 EASE 4.1 版软件。

现在德国 ADA 公司的 EASE 声学模拟设计软件已为世界上 40 多个国家所广泛采用,它的扬声器数据库包含世界 70 多家著名的扬声器厂商提供的扬声器数据。因此, EASE 声学模拟设计软件也就成了一个统一的声学模拟设计计算平台。于是各个厂家的扬声器计算结果将具有相对的可比性。

从表 1-1 可以看出厅堂建筑声学模拟设计的发展历程。

表 1-1 声学模拟简明历史

1933 年	经典的房间缩尺模型测量技术使预测和预听房间的声学特性成为可能。20 世纪 30 年代斯潘德克(Spandöck)描述了一个模拟结构,它是基于以适当频率的信号进入房间实物缩尺模型。 高频传声器信号被转换成对应的音频频率,适合于客观的评估以及主观的试听
1965 年	计算机模型开始代替房间缩尺模型,利用研究中心的大型计算机进行
1970	提供可编程的便携式计算机为声学提供第一个算法。例如飞利浦公司的 CASSA 程序就是用 HP41CX 计算器进行条形码编程计算
1981 年	用个人计算机,以 Basic 语言或汇编语言编写的简单程序,例如飞利浦公司的 CARLA 程序就可以为简单的房间计算混响时间和语言可懂度
1984 年	美国 JBL 公司的 CADP 软件,首先集成了包括本文模式图形程序和 TEF-10-分析仪程序,使得真实地绘出声场覆盖区
1985 年	德国的 ANT 公司推出的 Petra 程序,第二个集成了具有改进图形的设计程序。 由美国 G. Patronis 提出的扬声器设计程序。 由 Prohs 和 Harris 完成的 PHD 程序提供了不同混响时间房间声学计算,扬声器簇设计,具有附加驱动单元的号筒辐射器的功率计算以及根据 Peutz(普茨)公式的辅音清晰度损失率 AlCons 计算

(续)

1986 年	由美国博士公司 K. Jacob 和 T. Birkle 提供了 BOSE-Modeler 1.0 版设计软件。首次以全图形 CAD 程序在苹果机 MacIntosh 操作系统中运行
1987 年	由美国 Altec Lansing 公司 A. Muchimaru 推出 Acousta-CADD1.0 版软件。首次以全图形 CAD 程序在 MS-DOS 操作系统中运行。1996 中止
1990 年	由德国 ADA 公司 W. Ahnert 和 R. Feistel 推出 EASE 1.0 版软件。以带下拉菜单的全图形 CAD 程序在 MS-DOS 操作系统中运行。1994 年推出 EASE 2.0 版软件。1995 年升级到 EASE 2.13 版软件
1991 年	美国 JBL 公司首次推出声学设计软件视窗版 CADP2。1999 年停止该软件开发,转而采用 EASE
1996 年	由德国 IFB 公司推出 Ulysses 1.0 版软件。以带下拉菜单的全图形 CAD 程序在 MS-DOS 操作系统中运行。2004 年推出视窗 2.8 版软件
1999 年	由德国 ADA 公司推出 EASE 3.0 视窗 95/98/NT 版软件
2002 年	由德国 ADA 公司推出带有 AURA 模块(即 Analysis Utility for Room Acoustics, 房间声学分析软件)用于 Win98/Win2000/ Win NT/Win XP 环境下的 EASE 4.0 版软件。2003 年推出 EASE 4.1 版软件

作为优秀的商品化建声电声设计软件,EASE 使声学顾问、建筑设计师,音响工程师和建筑装修设计师可以预计建筑的声学特性和扩声系统(特别是扬声器布置方案设计)特性,可以直观地看到准备设计的厅堂扩声系统预期的声学特性效果图,了解厅堂建筑内表面所采用的吸声材料以及采用的扬声器型号、摆放位置、方位角、甚至某些扬声器的时延等数据,对实际建筑装修工程和厅堂扩声系统工程都具有良好的实际指导作用。

1.2 EASE 软件功能

运行 EASE 软件,在按照一定规则完成厅堂数学模型建立的基础上,可以实现下列主要功能:

- (1) 计算和显示厅堂混响时间与频率的依赖关系曲线;
- (2) 计算和显示厅堂听众区在不同频率下的直达声声场声压级分布曲线;
- (3) 计算和显示厅堂听众区在不同频率下的直达声、混响声总声场声压级分布曲线;
- (4) 计算和显示厅堂听众区辅音清晰度损失率分布曲线;
- (5) 计算和显示厅堂听众区快速语言传递指数分布曲线;
- (6) 计算和显示声音清晰度:
直达声与混响声声能比 C_7 ;
语言清晰度(明晰度) C_{50} ;
音乐清晰度(透明度) C_{80} ;
- (7) 计算和显示一定时间内直达声、混响声声能之和;
- (8) 计算和显示扬声器在听众区的瞄准点及声场的等声压级图;
- (9) 显示扬声器在 $-3\text{dB}/-6\text{dB}/-9\text{dB}$ 覆盖角的声线图;
- (10) 计算和显示在听众席某一测试点处的加权或不加权的频率响应曲线等等。

1.3 EASE 设计的重要性

厅堂扩声系统由扩声设备和声场组成。主要包括:声源和它周围的环境,把声信号转变为电信号的传声器,放大电信号并对信号加工的设备、传输线,把电信号转变为声信号的扬声器和听众区的声学环境。由此可见,扬声器和听众区的声学环境是厅堂扩声系统的重要组成部分。

根据中华人民共和国行业标准 JGJ 57—2000《剧场建筑规范》、JGJ 58—88《电影院建筑设计规范》、JGJ /T 131—2000《体育馆声学设计及测量规程》、GYJ 25—86《厅堂扩声系统声学特性指标》和 WH/T 18—2003《演出场所扩声系统的声学特性指标》等对厅堂扩声系统听众区的声学环境,即房间的吸声处理、混响时间、观众席声压级不均匀度、最大声压级等扩声系统声学特性指标,根据不同使用功能提出不同设计要求。

要满足这些设计要求,传统的做法是采用经典的声学公式(建筑声学、电声学)对厅堂进行计算。进行这一工作,其计算工作量之大是可以想象的。并且计算结果也是在一定条件下的估算值。

采用声学模拟设计软件,用计算机辅助设计的方法完成这一工作则是一件事半功倍的事情。它把扬声器和听众区的声学环境的优化设计、计算以及声学模拟效果可以依次完成。

厅堂扩声系统应达到与其功能相应的厅堂扩声系统的声学特性指标。在进行扩声系统工程二次设计时,需提供图文并茂的厅堂扩声工程专业设计方案。除了电声系统设备组成设计外,还包括用声学模拟设计或分析软件进行设计,提供厅堂的建筑模型图、混响时间与频率关系曲线图、辅音清晰度损失率分布曲线图、快速语言传递指数分布曲线图、听声面 7 个频率下的总声压级分布曲线图等。以便预计本工程达到相应声学指标的情况,并对施工调试进行指导。

过去有相当一段时期,存在着建筑师与声学家不能紧密进行合作的情况。许多大型的厅堂建筑设计的富丽堂皇,被誉为上乘之作。可是忽视了声学设计方面的考虑,厅堂混响时间过长,造成声学上的灾难性后果。种种失败的案例使我们的建筑师开始重视与建筑声学专家的合作。一些厅堂建筑设计规范也对声学设计提出明确要求。一些建筑设计院在设计音乐厅、体育场馆时配备建筑声学专家,一些建筑类大专院校的学生也开始学习和掌握建筑声学模拟软件 EASE。

正是因为 EASE 软件具有上述功能,所以它能在设计阶段提供在一定建声条件下和一定电声(扬声器摆放)条件下模拟效果的预计。从而有效地避免了厅堂建成后音质上的遗憾。

如果是一项厅堂改造工程,通过 EASE 设计,扩声系统设计工程师可以给装修公司提供吸声材料如何布置的建议。同样也可为扩声系统扬声器施工安装、施工调测提出指导性建议。

上述计算机辅助设计的模拟计算结果以及预期达到的效果,是厅堂扩声系统方案专业设计的重要和必要组成部分。

1.4 EASE 软件的用户对象

EASE 软件的用户主要是厅堂建筑声学设计师、厅堂扩声系统设计工程师、厅堂装修设计工程师、相关专业大专院校师生以及建筑项目招标公司扩声系统设计方案评标专家组成员。当然使用对象的目的不同,因而需要对 EASE 软件掌握的深度也有所不同。

应该指出,EASE 软件是用计算机构筑一组数学模型并根据输入有关数据进行运算的一系列计算机程序。因此 EASE 用户需要具备必要的建筑声学知识、扩声系统知识和一定的实践经验。在此基础上才能较好地完成 EASE 模拟设计工作。毕竟 EASE 软件只是声学工作者手中一套计算机辅助设计软件,仅仅是一件得心应手的工具而已。借助这件工具可以把你的设计思路、理念定量地体现在厅堂扩声系统设计文件中。

如果你是厅堂建筑声学设计师或装修设计工程师,在进行体育馆、剧场、多功能厅等建筑设计时,借助 EASE 这件工具,你可以得到在满足厅堂所需混响时间的条件下,内部各个表面所采用的各种吸声材料的数据。对于厅堂内装修预算的确定以及现场施工都具有实际的指导意义。

如果你是厅堂扩声系统设计工程师,那么借助 EASE 这件工具,除了可以得到厅堂内部各个表面所采用的各种吸声材料的数据,还能得到满足各项主要声学特性要求的扬声器布局(选型、摆放位置坐标、指向角、时延等)方案以及语言清晰度(ALcons, RASTI)分布曲线、几个频率下混响声场总声压级的分布曲线等的效果预计。这些对现场扬声器施工安装都具有实际的指导意义。

如果你是建筑专业或声学专业大专院校师生,掌握 EASE 设计软件,就可以使建筑与声学两个专业相互融合,相互渗透,使该专业更加符合当前建设事业的实际需要。

如果你是招标公司扩声系统设计方案评标专家,掌握了 EASE 设计工具的基本知识要点,就可以对各种扩声设计方案的技术水平做出正确的判断,从而选出最优秀的技术方案。

总之,声学模拟软件 EASE 既可用于建筑声学设计工作者,又可用于厅堂扩声设计工作者。还可供建筑、声学相关专业大专院校师生参考。

1.5 本书配套光盘主要内容

本书配套光盘的文件名称及用途列于表 1-2 中。

使用本书配套光盘时,建议把这些文件复制到你计算机硬盘中。其中 EASE 基本教学演示片段,每段均为一个独立文件,该文件带有摄像机图标、文件扩展名为 .exe。也就是说,要观看哪一段内容,就用鼠标左键双击哪一文件,即可在你的计算机屏幕上演示该段教学演示内容。上述内容播放结束则自动退出该文件的执行。

如果打算提前结束播放,则单击鼠标右键出现控制菜单,用左键单击“退出”即可。也可以按键盘 Esc 键,退出播放。