

◆ 电声技术及其应用丛书 ◆

厅堂建筑音质 计算机辅助设计

—— EASE 4.1 使用详解

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

厅堂建筑音质计算机辅助设计

——EASE4.1 使用详解

高玉龙 编著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书集基础性、资料性、实用性于一体,首先介绍与厅堂音质计算机辅助设计相关的声学基础知识和程序工作原理。然后以当前国内应用较为广泛的 EASE4.1 音质设计软件为例,较为全面地介绍其程序文件的组成、各个程序窗口界面及其操作、房间模型的建立、音质参量的模拟和可听化技术、AURA 程序模块和红外模块以及 EASE 应用中的若干问题等。

本书配套光盘含有国内新型吸声材料数据库文件、项目案例以及声像演示文件等资料,作为本书正文内容的一种补充,以帮助读者快速掌握软件的使用。

本书可供厅堂建筑声学设计师、厅堂装修工程设计师、厅堂扩声系统设计人员、建筑设计院所设计人员、厅堂建筑设计和扩声系统设计方案评标专家、相关专业科研单位的工程技术人员以及建筑、声学相关专业大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

厅堂建筑音质计算机辅助设计: EASE4.1 使用详解/高
玉龙编著. —北京:国防工业出版社,2007. 11

(电声技术及其应用丛书)

ISBN 978-7-118-05366-1

I. 厅... II. 高... III. 建筑声学—声学设计:计算机辅
助设计—应用软件, EASE4.1 IV. TU112.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 144499 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)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 29 字数 670 千字

2007 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 48.00 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

出版者的话

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和设备的引入,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《实用电声与微型扬声器》;介绍计算机辅助声学设计的《声学设计软件 EASE 及其应用》、《厅堂建筑音质计算机辅助设计——EASE4.1 使用详解》;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》;介绍 MIDI 制作知识的《MIDI 原理与开发应用》……

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,他们既有比较扎实的理论基础,又有丰富的实践经验。可以说,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!

二〇〇七年八月

前 言

计算机辅助设计(CAD)在国内制图领域已得到广泛应用,对于工程技术人员其普及程度已达到家喻户晓。厅堂音质计算机辅助设计近年来在建声、电声设计实践上已开始在业界普及,作为一种设计工具得到日益广泛的采用。设计者根据各自对软件设计规则的理解进行着厅堂音质工程设计。由于设计者自身的声学基础、对设计软件理解的深度、工程设计工作经验各不相同,对同一工程项目的设计就出现了不同设计结果。参与项目评标的大多数专家由于对该计算机辅助设计工作流程不很熟悉,因而也无从发表中肯意见。

厅堂建筑音质设计正面临着从传统的经典设计模式(形体设计、容积选择、混响控制、噪声控制、声场均匀度估算、建筑缩尺模型实验、修改和调整设计方案)向计算机辅助设计模式(建立房间模型、音质参量模拟和预测、在房间不同位置进行声效预听、修改和调整设计方案、提供吸声材料布置方案和扬声器布置、安装方案)转变,这是计算机硬件、声场数字模拟与厅堂音质设计相结合技术发展的必然趋势。在这一趋势下,厅堂音质设计工作也正从专业声学工作者向着更大范围的非专业技术人员普及。

然而令人遗憾的是,完整介绍厅堂建筑音质计算机辅助设计及相关模拟软件的中文图书却不多见。笔者近年来致力于关注德国 ADA 声学设计公司开发的声学模拟软件 EASE 在国内的应用情况,致力于研究该软件各个版本的技术特点、不同运算模块的适用条件。同时也查阅了不少涉及软件工作原理、国内外相关技术标准、音质参量术语等专业技术文献。因此对声学模拟软件 EASE 有了一个较为完整的认识。

综上所述,笔者有责任把自己对该软件的认知和所掌握的相关知识介绍给广大读者。为此在 2006 年出版了《声学设计软件 EASE 及其应用》一书,限于当时种种条件的限制,重点介绍了 EASE3.0 等早期版本软件的使用,而对于功能更加强大的 EASE4.0 未能深入展开介绍。根据读者的反馈意见,本书除增加厅堂建筑音质经典设计方法和软件工作原理介绍的篇幅外,还比较全面地介绍 EASE4.1 版本的各种程序模块的功能、使用方法,ISO3382 标准所涉及的音质参量术语以及软件使用中遇到的一些问题等。两书的出版可以使读者对德国 ADA 公司 EASE 软件有一个比较全面的认识。希望本书能对业界普及 EASE 软件的使用有所帮助,对软件的优点和目前尚存在的不足有一个客观认识。

本书读者对象是厅堂建筑声学设计师、厅堂装修工程设计师、音响公司扩声系统设计人员、建筑设计院所设计人员、厅堂建筑设计和扩声系统设计方案评标专家、相关专业科研单位的工程技术人员以及建筑、声学相关专业大专院校师生参考。

本书各章节安排如下:第 1 章介绍音质设计应该具备的声学基础知识。第 2 章介绍音质计算机辅助设计程序工作原理。第 3 章介绍 EASE4.1 程序安装与注册、程序文件组成、项目文件结构、程序界面、各种操作命令、数据库和如何阅读一个项目文件等。第 4

章、第5章分别介绍 EASE4.1 吸声材料数据库和扬声器数据库及其建库的相关知识。第6章介绍 EASE4.1 房间模型的建立,包括建模规则、流程图、绘制房间模型的各种方法以及建立房间模型举例等内容。第7章介绍 EASE4.1 房间声学特性的模拟研究,包括音质参量的二维运算、计入反射的二维运算、三维运算、高级声学特性研究以及可听化技术等。第8章介绍室内声学分析工具 AURA 模块的功能、所进行的音质参量运算和脉冲响应运算以及预听等。这一模块的采用使 EASE4.1 功能有了一个质的提升。第9章介绍红外运算模块功能,借助于扬声器覆盖听众区的原理实现红外传输的会议同声传译系统(辐射器)红外光在听众区的合理覆盖。第10章介绍 EASE 应用中的若干问题,包括在厅堂音质设计中的应用,音质参量模拟不同程序模块适用条件的讨论等问题以及不同计算机辅助设计程序之间的比较。第11章介绍工程实施与声学参量测量。第12章介绍配套光盘内容说明。

本书配套光盘含有国内新型吸声材料数据库文件(其数据反映我国近年来吸声材料工业和吸声材料应用的最新水平)、项目案例以及声像演示文件等资料,作为本书正文内容的一种补充,以帮助读者快速掌握软件的使用。

国内 JX 新型吸声材料库编制得到上海同济大学钟祥瑞教授的热情支持和帮助;从事封闭声场计算机模拟的学者、西北工业大学航海学院教授曾向阳博士对本书第2章进行了仔细校阅并提出宝贵的修改意见;成都星海讯声科技有限公司朱昀先生提供了 EASE 正版软件和其他资料支持,对第5章提供了国产音箱建库测量数据资料及修改意见。在此笔者对他们的支持和帮助表示衷心感谢。

在本书编写过程中,中国通广电子公司陈建利先生、CA001 网站冯松云先生、重庆大学建筑技术研究所林泰勇先生、成都陈木军先生、李应华先生、天津高讯昌先生给予了笔者各种帮助。笔者在这里向他们表示由衷的谢意。本书编写过程中参阅了大量的声学专著、期刊和网站中的参考文献,在此向文献作者表示衷心的感谢。

由于水平有限,错误和不妥之处敬请读者指正。

联系电邮:avdr@sina.com

高玉龙

2007年7月

目 录

第 1 章 声学基础	1
1.1 引言	1
1.2 声学基本知识	1
1.2.1 关于声音	1
1.2.2 声音级的概念	3
1.2.3 声源	4
1.2.4 人耳对声音的感知效应	6
1.2.5 噪声	9
1.3 建筑声学	12
1.3.1 厅堂音质	12
1.3.2 音质的主观评价	13
1.3.3 厅堂混响时间	16
1.3.4 声音吸收、反射、扩散与透射	20
1.3.5 纤维吸声材料	24
1.3.6 泡沫吸声材料	27
1.3.7 颗粒吸声材料	28
1.3.8 金属吸声材料	29
1.3.9 共振吸声结构	30
1.3.10 其他吸声材料	33
1.3.11 扩散结构	34
1.4 电声学	36
1.4.1 扬声器分类	36
1.4.2 扬声器特性指标	37
1.4.3 线阵列及其特性	42
1.4.4 扬声器选用	46
1.4.5 扬声器系统的合理设计和使用	47
1.5 厅堂建筑音质设计要求	48
1.5.1 声学设计标准	48
1.5.2 对不同功能厅堂音质设计要求	52
1.6 音质评价参量	66

第 2 章 音质计算机辅助设计程序原理	67
2.1 厅堂音质经典设计方法	67
2.1.1 厅堂音质的影响因素	68
2.1.2 经典设计方法	68
2.1.3 验证及修改设计	71
2.2 计算机辅助设计是发展趋势	76
2.2.1 声学模拟和预测的发展历程	76
2.2.2 发展趋势	78
2.3 音质计算机辅助设计原理	79
2.3.1 声场模拟程序常用算法	80
2.3.2 建立计算机模型	84
2.3.3 进行声学参数模拟	85
2.3.4 可听化技术	86
2.3.5 计算机—缩尺模型混合法	89
2.4 音质计算机辅助设计程序	90
2.5 音质设计程序用户群体	91
第 3 章 EASE4.1 程序概要	93
3.1 程序版本	93
3.2 程序安装与注册	94
3.2.1 硬件配置	94
3.2.2 程序安装	94
3.2.3 程序注册	100
3.2.4 初识 EASE4.1 程序	105
3.3 程序文件组成	107
3.3.1 程序模块构成	107
3.3.2 程序模块连接图	108
3.4 项目文件结构	109
3.5 程序界面	112
3.5.1 主程序窗口界面	112
3.5.2 项目编辑窗口界面	114
3.5.3 运算窗口界面	114
3.6 主程序窗口操作命令	117
3.6.1 下拉菜单命令	117
3.6.2 图标命令	118
3.6.3 快捷命令	119
3.7 项目编辑窗口操作命令	126
3.7.1 下拉菜单命令	126

3.7.2	工具图标命令	130
3.7.3	鼠标菜单命令	133
3.8	运算窗口操作命令	135
3.8.1	下拉菜单命令	135
3.8.2	图标命令	138
3.9	数据库	139
3.9.1	扬声器库	139
3.9.2	吸声材料库	140
3.9.3	光源库	140
3.9.4	纹理库	140
3.9.5	红外数据库	141
3.10	阅读项目文件	141
第4章	EASE4.1 吸声材料数据库	145
4.1	EASE 现有吸声材料数据库	145
4.2	建立国内吸声材料数据库	147
4.2.1	必要性	147
4.2.2	数据要求	147
4.3	建立新型吸声材料数据库	148
4.3.1	吸声材料数据表	148
4.3.2	建立吸声材料数据库	149
4.4	数据库文件散射数据的设置	155
4.5	数据库文件的更新	158
第5章	EASE4.1 扬声器数据库	161
5.1	EASE4.1 现有扬声器数据库	161
5.1.1	EASE 扬声器数据库	161
5.1.2	扬声器数据库更新	163
5.2	查看数据库扬声器特性	163
5.2.1	扬声器特性测量坐标系及约定	165
5.2.2	查看扬声器特性曲线图	166
5.2.3	查看扬声器特性渲染图	174
5.3	建立扬声器数据库的方法	176
5.3.1	解读扬声器数据库文件	177
5.3.2	扬声器特性数据的测量	178
5.3.3	创建扬声器数据库文件基本方法	182
5.3.4	如何使用 C2E 创建扬声器数据库文件	182
5.4	建立扬声器阵列的方法	186
5.4.1	创建扬声器水平阵列	187

5.4.2	创建扬声器垂直阵列	190
5.4.3	扬声器阵列特性比较	191
5.4.4	小结	193
5.5	线阵列扬声器 DLL 数据库	193
第 6 章	EASE4.1 房间模型的建立	196
6.1	建模规则	196
6.1.1	房间模型	196
6.1.2	建模规则	198
6.2	建模流程图	199
6.3	基于几何数据绘制房间模型	201
6.3.1	基本画法	201
6.3.2	复制法	206
6.3.3	拉伸法	206
6.3.4	序列法	207
6.3.5	镜像法	210
6.3.6	对象组法	211
6.3.7	插入听声面、测试点	212
6.3.8	设置吸声材料	215
6.3.9	查找孔洞以封闭房间	218
6.3.10	设置纹理	220
6.4	房间模型中其他数据元素输入	223
6.4.1	插入扬声器	223
6.4.2	插入灯光源	226
6.4.3	插入红外辐射板	227
6.5	其他建模方法	228
6.5.1	插入二维造型	228
6.5.2	插入三维造型	229
6.5.3	利用建模模板	231
6.5.4	导入 EASE 低版本模型	236
6.6	查看房间模型	239
6.6.1	房间建模图	239
6.6.2	房间建模数据	240
6.6.3	房间建模渲染图	241
6.7	建模设计举例	242
6.7.1	小礼堂设计要求	242
6.7.2	小礼堂建模步骤	243

第 7 章 EASE4.1 房间声学特性的模拟研究	250
7.1 二维运算	250
7.1.1 声学特性运算	250
7.1.2 显示分辨率	254
7.1.3 全频段运算	255
7.1.4 声学特性评估界面	256
7.1.5 查看声场声压级	258
7.1.6 查看 C 测量参量	264
7.1.7 查看语言清晰度	265
7.1.8 查看其他声学参量	267
7.1.9 分辨率设置对声学参量运算精度的影响	274
7.2 计入反射的二维运算	275
7.3 三维运算	276
7.4 直达声	278
7.4.1 直达声预听	278
7.4.2 直达声序列图	280
7.4.3 直达声波形图	281
7.5 局部声线跟踪	283
7.6 高级声学特性研究	285
7.6.1 声线跟踪	285
7.6.2 声线命中	297
7.6.3 镜像命中	308
7.6.4 分离命中文件	310
7.6.5 更新命中文件	310
7.7 可听化技术	310
7.7.1 离线预听	311
7.7.2 在线预听	325
7.7.3 立体声预听	327
第 8 章 室内声学分析工具 AURA	328
8.1 AURA 程序模块概述	328
8.2 程序运行前准备	329
8.3 音质参量运算(能量损失模式)	335
8.3.1 声压级	344
8.3.2 混响时间	346
8.3.3 重心时间	347
8.3.4 语言清晰度	348
8.3.5 音乐明晰度	349

8.3.6	语言传输指数	350
8.3.7	辅音清晰度损失率	352
8.3.8	强度指数	352
8.3.9	侧向声能百分率	353
8.3.10	回声	354
8.4	音质参量运算(粒子损失模式)	357
8.5	脉冲响应运算	359
8.5.1	响应参数设置	359
8.5.2	模拟运算	362
8.5.3	运算结果后处理	364
8.6	可听化技术	365
第9章	红外发射系统	374
9.1	引言	374
9.2	红外设备数据库	376
9.3	插入红外辐射器	379
9.4	红外覆盖模拟计算	381
9.5	建立红外设备数据库	384
第10章	EASE 应用中的若干问题	389
10.1	EASE 在厅堂音质设计中的应用	389
10.1.1	厅堂建筑音质设计	389
10.1.2	对现有厅堂音质分析	390
10.2	音质参量模拟的有效性	390
10.2.1	正确设置房间所用吸声材料	391
10.2.2	扬声器功率设置问题	391
10.2.3	总声压级预测值与实测值的偏离分析	392
10.2.4	其他音质参量的分布	393
10.2.5	声学模拟与实测结果对比测量	395
10.3	EASE 使用中的其他问题	396
10.3.1	音质参量运算中的噪声设置	396
10.3.2	项目文件交换	396
10.3.3	体育场混响时间计算	398
10.3.4	关于房间模型自定义混响时间	398
10.4	关于 EASE4.2 软件升级问题	400
10.5	音质计算机辅助设计程序比较	401
10.5.1	不同音质计算机辅助设计程序比较	401
10.5.2	对计算机辅助设计程序的理性认识	404

第 11 章 工程实施与声学参量测量	407
11.1 工程实施所涉及的问题	407
11.1.1 永川文化艺术中心剧场扩声系统工程	407
11.1.2 株洲游泳馆扩声系统工程	411
11.2 声学参量测量	412
11.2.1 声频测量系统	413
11.2.2 厅堂扩声特性测量	415
11.2.3 厅堂其他声学参量测量	418
11.3 声学参量测量实例	419
11.3.1 永川文化艺术中心剧场扩声系统工程	419
11.3.2 株洲游泳馆扩声系统工程	420
11.3.3 北航体育馆扩声系统工程	421
11.4 厅堂音质效果试听	422
第 12 章 配套光盘内容说明	424
12.1 光盘内容介绍	424
12.2 光盘使用说明	426
附录	428
附录 1 EASE4.1 full 数据库材料吸声系数列表中文说明	428
附录 2 JX 国内新型吸声材料库吸声系数表	434
附录 3 SY 国内新型吸声材料库吸声系数表	446
附录 4 厅堂建筑合适混响时间的参考曲线	448
参考文献	450

第 1 章 声学基础

1.1 引 言

厅堂建筑音质设计模拟程序(软件)是从事厅堂扩声设计、建筑声学设计、厅堂装修设计等行业工程师手中的一件计算机辅助设计工具,既然是辅助设计工具,就意味着许多决策(例如吸声材料的设置,作为声源的扬声器型号的选择和位置的摆放等)都必须由设计者自己决定,而计算机程序不会帮你出主意。因此要用好这件工具,设计者应具备一些必要的建筑声学、电声学基础知识、我国相关标准对厅堂设计的声学特性要求和一些工程实践经验。

对于从事音、视频工程招标的专家评委而言,不必要求他们对此非常精通,但至少需要了解厅堂建筑音质计算机辅助设计的工作流程、设计输出数据的内容,掌握一些判断该声学设计水平高低的知识,设计输出资料中有无失误等,把好音质设计技术关。

因此,本章就从声学基本知识、建筑声学、电声学、厅堂音质计算机辅助设计工具所涉及的音质评价参量等方面介绍一些对初学者来说有必要掌握的知识。

1.2 声学基本知识

1.2.1 关于声音

1. 声音的产生和传播

物体围绕其平均位置的往复运动称为振动,当物体在空气中振动,使周围空气发生疏、密交替变化并向外传递,且这种振动频率在 $20\text{Hz}\sim 20000\text{Hz}$ 之间,使人耳可以感觉到,称为可听声,简称声音。

可见声音是物体振动而发出的,通常把这个产生振动的物体叫做声源,声源通过传播介质(如空气)进行传播,人们才能听到声音。

声波每秒在介质中传播的距离称为声速,用 c 表示,单位为 m/s 。声速与介质的密度和弹性性质有关,因此也随介质的温度、压强等状态参量而改变。在海平面大气压力下,温度为 15°C 时,声音速度为 340m/s ;温度为 20°C 时,声音速度为 343m/s 。

2. 声音三要素

声音的强弱、音调的高低以及音色的差异是声音的基本性质,这就是所谓的声音三要素。

1) 声强

声强表示声音强弱的物理量,包括声强和声压。

(1) 声强 (I): 声强是指单位时间内声波通过垂直于传播方向单位面积的声能量。单

位为瓦/米²(W/m²)。就是说声波通过垂直于传播方向单位面积的声能量越多,声强越大,声音越强。因此声强是表示声波在传播过程中声音强弱的一个客观物理量。

(2)声压(p):声压是由于声波的存在而引起的压力变化相对于无声波时的增量。单位为牛顿/米²(N/m²)或帕(Pa)。声波在空气中传播时形成压缩和稀疏交替变化,所以压力变化增量是正负交替的。通常声压是取均方根值,称为有效声压,所以声压实际上总是正值。

(3)声压与声强的关系。对于球面波和平面波,声压与声强的关系是:

$$I = p^2 / \rho c \quad (\text{W/m}^2) \quad (1-1)$$

式中 p ——有效声压(N/m²);

ρ ——空气密度(kg/m³);

c ——空气中的声速(m/s);

ρc ——空气介质的特性阻抗,在 20℃时为 415(N·s)/m³。

2) 音调

音调是一种主观评价量。音调与声音的频率有关,一般来说频率越高,给人的音调感觉也越高。音调还和声音的强度有关。当声压级不同时,两个频率相同的纯音,听起来会有不同音调的感觉。在低频段,如提高声压而频率保持不变,听起来似乎音调在降低;但在 1000Hz~5000Hz 高频段,提高声压,反而音调有增高之感。

3) 音色

音色即指各种声音各自的特色。例如,黑管和小提琴演奏同一音符(基频),同样响度,但人们仍可立即听出是两种乐器。这是因为它们是由谐波成分的频率、数量和相对强弱都不相同的复合声构成,这就造成了音色的差异。因此音色是复合声特性的一种反映。

3. 倍频程(oct)

声音的频率范围从 20Hz~20000Hz,高低相差 1000 倍。为了计算方便,通常把这一范围划分为较小的段。在声学测量中,以恒定百分比增量为频率间隔的频率系列,其频率间隔常取倍频程或其分数(例如 1/3oct)。

在国标 GB 3240—82《声学测量中的常用频率》中推荐了优先数系列。其常用频率的准确值可从下列公式算出:

$$f = 1000 \times 10^{n/10} \quad (1-2)$$

式中 n ——正或负整数($n=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$)。

表 1-1 列出音响工程常用频率,以供对照。

表 1-1 声学测量中的常用频率

常用频率		1/1oct	1/3oct	n
标称值/Hz	准确值/Hz			
20	19.953	*	*	-17
25	25.119		*	-16
31.5	31.623		*	-15
40	39.811	*	*	-14

(续)

常用频率		1/oct	1/3oct	n
标称值/Hz	准确值/Hz			
50	50.119		*	-13
63	63.096		*	-12
80	79.433	*	*	-11
100	100.000		*	-10
125	125.893		*	-9
160	158.489	*	*	-8
200	199.526		*	-7
250	251.189		*	-6
315	316.228	*	*	-5
400	398.107		*	-4
500	501.187		*	-3
630	630.957		*	-2
800	794.328	*	*	-1
1000	1000.000		*	0
1250	1258.930		*	1
1600	1584.890	*	*	2
2000	1995.260		*	3
2500	2511.890		*	4
3150	3162.280	*	*	5
4000	3981.070		*	6
5000	5011.870		*	7
6300	6309.570	*	*	8
8000	7943.280		*	9
10000	10000.000		*	10
12500	12589.300	*	*	11
16000	15848.900		*	12
20000	19952.600		*	13

1.2.2 声音级的概念

所谓级是一个相对比较的无量纲量。例如声功率级、声强级和声压级等。

1. 声功率级

声源辐射声波时对外做功。声功率是指声源在单位时间内向外辐射的声能,用 W 表示。单位为瓦(W)或微瓦(μW)。

为了计算方便,通常用一个声功率基准量值 $10^{-12} W$ 作参考量,把声功率与之相比取

常用对数,乘以 10,称为声功率级,即

$$L_w = 10 \lg(W/W_0) \quad (1-3)$$

式中 L_w ——声功率级(dB);

W ——声功率(W);

W_0 ——基准声功率,为 10^{-12} W 。

2. 声强级

为了计算方便,通常用一个声强基准量值 10^{-12} W/m^2 作参考量,把声强与之相比取常用对数,乘以 10,称为声强级,即

$$L_I = 10 \lg(I/I_0) \quad (1-4)$$

式中 L_I ——声强级(dB);

I ——声强(W/m^2);

I_0 ——基准声强,为 10^{-12} W/m^2 。

3. 声压级

对于听力正常的人,在频率 1000Hz 时刚刚能听到的声压是 $20 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$,称之为“闻阈”;而使人耳感到疼痛的声压为 20 N/m^2 ,称之为“痛阈”。两者之差为 10^6 倍。为了计量方便,引入声压级的概念。把声压基准量值 $20 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$ 作参考量,把声压与之相比取常用对数,乘以 20,称为声压级,即

$$L_p = 20 \lg(p/p_0) \quad (1-5)$$

式中 L_p ——声压级(dB);

p ——声压(N/m^2 或 Pa);

p_0 ——基准声压,为 $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ 或 Pa。

1.2.3 声源

在建筑声学中接触到的声源有自然声声源和电声型声源(含电子乐器)两种类型。

1. 自然声声源

自然声声源包括人声和乐器。

1) 声源辐射的频率范围

对于语言,基频在 50Hz~350Hz 范围内且和声带振动的频率相同,然而在语言声音中,对于元音和有声辅音,泛音比基音更有特点,它们在某些特定的频率范围内(共振峰)特别强,频率可达 3500Hz。辅音另外尚具有连续的频谱分量,其频率高达 10000Hz。高频率传输对语言清晰度极为重要。另外,基频振动的传输不太重要,如果周期性声信号具有丰富的次谐波,那么听觉就能重新构成基频。

为便于扩声系统设计和语言清晰度计算,我们将实测的语言平均频谱经过平滑、修正,得出汉语标准频谱如图 1-1 所示。此图所选取的参考声压是在距离发音人唇部 1m 处产生 69dB 的有效声压。

对于乐器,它是一种技术器件,而且长期以来其结构受传统习惯和加工工艺的制约,一直没有什么改变,比较定型。

例如管风琴具有最大的频率范围,基频从 16Hz~9000Hz;对打击乐器则能产生更高