

厅堂声线自动模拟系统—SR

许 燕 明

(建筑系)

摘要 本文介绍了声线自动分析程序——SR的研制过程,并提出了一套有效的求取反射线的算法,用此算法可以方便的求取各种形式厅堂的声线分布状况.

关键词 声线模拟,声线编辑,图段

0 前引

厅堂声线分析是厅堂声学设计的一项重要内容.以往,声线分析工作多为手工绘制反射声线的方法进行,常常需要多次反复绘制才能得到预期的效果,既费时又费力.为此,笔者研制了一套声线模拟软件(SR),成功的解决了这一问题

1 SR 系统结构

1.1 SR 系统支撑环境构成

SR 系统的基本环境构成见下图所示.

1)用户 在人-机系统中,用户处于最高支配地位,是系统的原动力和灵魂.一个没有人参与的领域是无法称之为系统的

2)SR 系统 处于人与计算机的结合处,属于人-机支流界面,起着传递和处理操作者声学设计意图的作用.

3)SR 系统运行的软件环境

(1)操作系统 CC-DOS2.0以上版本; (2)写作语言 FORTRAN-773.13版本; (3)绘图语言:IGL 绘图软件包.

用户
SR 系统
IGL
FORTRAN
硬件系统

4)SR 系统运行的硬件环境

(1)主机 IBM-PC/XT 型机器配有8087协处理器; (2)打印机 各类与主机配套的行式打印机; (3)显示器 分辨率为640×200,单色; (4)外存 20MB 温彻斯特硬盘及一个5 $\frac{1}{4}$ 英寸软盘驱动器; (5)绘图仪 DXY 和 AP 两种小型绘图仪。

1.2 SR 系统的结构

1)SR 的设计依据

SR 软件设计基于几何声学中原理如下:(1)入射声线,反射声线与反射面法线三线共面;(2)入射声线、反射声线分别位于法线两侧;(3)入射声线与法线夹角(i)等于反射声线与法线夹角(γ),即 $i=\gamma$ 。以上原理如图1所示。图中,当反射面的尺寸等于或小于声波波长时,上述原理不成立。这是声反射不同于其它反射的重要方面。

2)SR 的功能结构

SR 软件由一个主控模块和4个不同功能的子模块构成,其组成关系见图2。

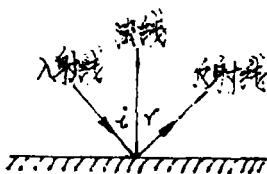


图1 声线反射

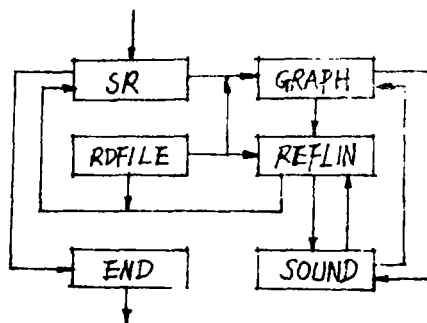


图2 SR 结构

(1)SR—主模块,起着调度各子模块使之协调工作的功能。

(2)RDFILE—文件读取模块,基本功能是读取已存在的文件,包括数据文件及相应的图形文件,供用户对其进行再编辑和再输出。

(3)GRAPH—界面编辑模块,其功能是编辑厅堂内界面,同时保存和传递有关界面的各项解析信息。

(4)REFLIN—声线编辑块,该模块是 SR 软件的核心模块,其功能是生成各种用户所需要的反射声线图形,同时保存和传递有关声线的各项解析信息。

(5)SOUND—基本功能子程序模块,该模块的主要功能在于提供图形的解析信息及拓扑信息。

3)SR 软件的数据结构

软件设计的成败,在很大程度上取决于如何建立客体的数据结构。SR 软件所涉及到的因素主要有两类:界面线(简称界面)和声线。每个界面两端点坐标存储于数组 XT 、 YT 之中;界面的系数存储于数组 AS 、 BS 、 CS 之中;界面的范围存储于 SMX 、 SMY 、 BGX 、 $MBGY$ 数组之中;其声学特性(界面是吸声还是反射声),存储于数组 NA 之中。因此,完备的描述第 i 个界面的数据结构如下

第 i 个界面的端坐标: $XT(i), YT(i), XT(i+1), YT(i+1)$; 它的方程系数: $AS(i), BS(i), CS(i)$; 它的范围: $SMX(i), SMY(i), BGX(i), BGY(i)$; 它的声学特性: $NA(i)$.

描述声线的数据有: 声源位置, 存贮于数组 XS, YS 之中; 声线反射次数存贮在 NOR 变量之中; 声线发射的起始角, 终止角, 角步长分别存贮于 $ANG1, ANG2, ANG3$ 变量之中; 声线方程系数存贮于 DS, ES, FS 变量之中; 声线范围存贮于 SX, SY, BX, BY 变量之中, 发射声线半径为 $r=10^3$. 因此, 一条声线的完整描述如下

声源位置: $XS(i), YS(i)$; 反射次数: NOR ; 声能发射起始角, 终止角, 角步长: $ANG1, ANG2, ANG3$; 声线范围: SX, SY, BX, BY ; 声线方程系数: DS, ES, FS

4) SR 软件的图段结构

在程序设计中, 保存数据要变量, 保存图形也需要“变量”——图段. 在 IGL 绘图软件中, 提供给用户的图段共有 100 个, 因此要灵活处理各种复杂的图形就必须对这仅有的 100 个图段进行合理分配.

在 SR 软件中, 各图段是这样划分的: 各界面分别存贮在 1—89 图段中, 也就是说总精度不得多于 89 边. 90—98 段用于存贮各级声线, 99 段存贮图形的坐标系统.

2 SR 软件算法设计

算法设计是建立系统最为关键也是最为困难的一步. 算法设计的重要方法是系统结构化, 亦称结构化程序设计方法. 笔者在 SR 软件的设计过程中, 初次尝试了这种设计方法. 开始, 首先将系统进行功能分解—SR 软件分解成一个主控模块十若干功能模块, 而后再逐个设计. 下面就各个模块分别阐述其设计构思.

2.1 SR—主控模块

SR 模块在系统中扮演总调度的角色, 其构成见图 3 所示. 进入总控状态后, SR 为用户提供了以下三种选择.

1) RDFILE—文件读取, 用于读取用户以前存贮在磁盘上的图形文件(后缀: PIC)和相应的数据文件(后缀: DAT), 供用户进行输出、查验和再编辑等各项操作.

2) GRAPH—界面, 用于编辑厅堂内界面, 同时自动采集和传递力量面各项参数.

3) REFLIN—声线编辑, 用于生成声线图形.

4) END—结束系统, 返回 CCDOS 状态.

2.2 RDFILE—文件读取模块(图 4)

1) 输出操作—可以实现文件的显示器输出, 打印机输出及绘图仪轮船出.

2) 删除操作—用以除去业已生成的各次声线.

3) 编辑操作—编辑操作可实现界面编辑和声线编辑两类, 当选取此项时, 系统自动进入 GRAPH 或 REFLIN 模块.

4) 返回—返回至 SR 主控状态.

2.3 GRAPH—界面编辑模块(其框图见图 5)

GRAPH 模块的功能为绘制厅堂界面并采集有关界面的各项数据, GRAPH 目前提供四种操作来生成界面.

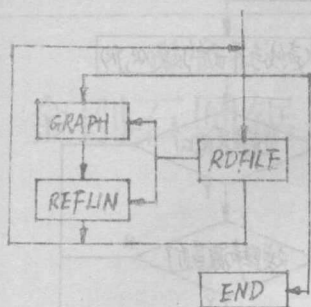


图3 主控模块框图

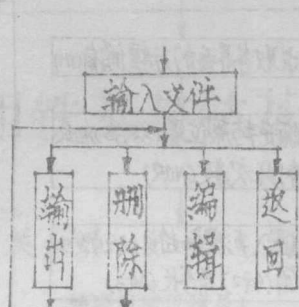


图4 文件读取模块框图

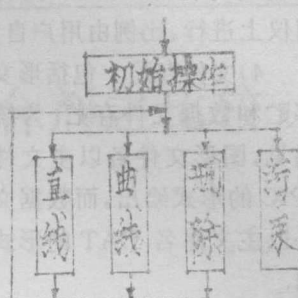


图5 界面编辑框图

1) 直线 绘制直线界面, 只需用方位键在显示器上移动“十”字光标, 确定两点即可绘制一直线, 同时采集, 当前点的坐标存入 XT, YT 数组之中, 随后输入所绘界面的声学特性(0—吸声, 1—反射)。

2) 曲线 绘制曲线界面较直线界面复杂一些, 须确定三点 $(X_0, Y_0), (X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$, 和曲线特性参数 E , 使用如下拟合公式

$$XT = (A0 + A1 * T + A2 * T \wedge 2) / (1 + E * T + T \wedge 2),$$

$$YT = (B0 + B1 * T + B2 * T \wedge 2) / (1 + E * T + T \wedge 2),$$

式中, T 为参数, 其值从 0—1, 步长为 0.05; 以及

$$A0 = X0;$$

$$A1 = -2 * X0 + (2 + E) * X1;$$

$$A2 = X0 - (2 - E) * X1 + (2 + E) * X2;$$

$$B0 = Y0;$$

$$B1 = -2 * Y0 + (2 + E) * Y1;$$

$$B2 = Y0 - (2 + E) * Y1 + (2 + E) * Y2.$$

最后, 依次把 T 从 0—1 间隔为 0.05 的变化所计算的各坐标值连线, 即可得到一条比较平滑的曲线, 最后输入所绘曲线界面的声学特性(0或1)。

3) 删除 界面编辑的重要操作它仅对刚刚生成的界面起作用, 若要连续删除除界面, 则可多次执行删除操作。

4) 结束 指结束界面编辑, 随后系统自动进入声线编辑模块。

2.4 REFLIN—声线编辑模块(其框图见图6)

REFLIN 模块是 SR 软件的核心块, 其主要功能是设定声源要素, 绘制声线和进行各种编辑处理。

1) 确定声源诸要素 在声线绘制前必须确定声源位置, 声线反射次数, 声线射的起始角 $(AG1)$, 终止角 $(AG2)$ 和角步长等各项要素。

2) 声线绘制 声线的示取过程是 REFLIN 模块最重要的部分, 此处给出部分算法框图。

3) 图形输出 包括显示屏输出和绘图机输出。屏幕输出分全显示、和分级显示两种; 绘图

机输出可在 DXY、HP 两种绘图仪上进行,比例由用户自定。

4) 文件存贮 包括形文件存贮和数据文件存贮。为统一起见,图形文件各以主文件名.PIC 的形式绘出,而数据文件各以主文件名.DAT 的形式绘出。

5) 删除 此处操作是相对声线而言的,当户认为声源要素设置不合理时,可用此操作来否定声源要素,清除声线。

6) 声源重设 当厅堂内设置多个声源或用户认为有必要新设定声源时,用户可以选择该项操作,而后系统将按照的声源要素绘制声线。

7) 返回系统 返回主控状态。

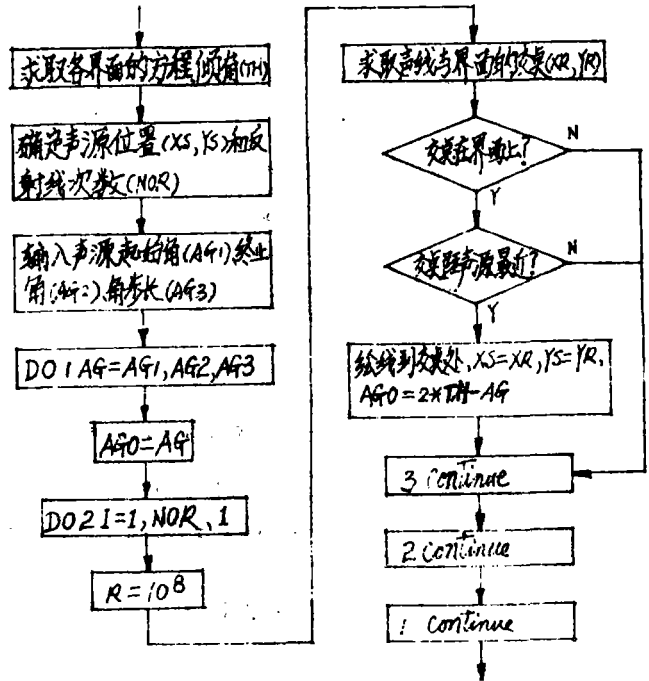


图6 反射线算法框图

参 考 文 献

- [1] 饶 耕, IGL 交互式图形软件包, 东南大学出版社, (1988).
- [2] 吴华强、王国泉等, 计算机辅助建筑设计, 清华大学出版社, (1990).
- [3] 中国建筑科学研究院建筑物理研究所等, 建筑声学手册, 中国建筑工业出版社, (1987).

An Automatic Analog System for Analysing Sound Rays in Auditoriums

Xu Yimin

(Department of Architecture)

Abstract In this paper, the author describes the development of SR programs for analysing automatically the sound rays; and advances a set of algorithms for computing reflecting sound rays in various forms of auditoriums can be easily computed.

Key words sound ray simulation, sound ray edit, segment