

音响工程中的计算机辅助设计软件-- CADP2 <一>

-----谢勇

前言

大家知道，现在的科技技术发展速度日新月异，各行各业间的竞争都离不开科技的竞争，谁先掌握先进的科技，那么他就能在竞争中立于不败之地。——当然，这也包括我们的音响设计行业。

音响工程之计算机辅助设计这一新兴行业，越来越备受广大人士重视，它的出现具有化时代的重大意义。它抛开以往传统设计中众多复杂的人力计算，在很多重要数据和参数只能依据平时的经验去估计的情况下，现在则可以以具体的数据及图形方式来进行预测。它的计算精确度完全取决于建模过程中输入数据的细腻程度。正是由于它有很高的可信度，在当今工程投标竞标中它已成为重要的演示工具和设计参考依据。2008年的北京奥运会的许多体育场馆面临音响工程设计及设备的选用，在这期间这类软件的运用将是不可或缺的。

这类软件贵刊曾有过介绍。但遗憾的是有些笼统，对于想学习此类软件的众多初学者来讲，我想是件很困难的事情。鉴于此，笔者欲以循序渐进的方式，一步步向读者讲解CADP2这一专业设计软件的具体使用及操作过程。当然，本着与大家共同学习的目的，希望此文能起到抛砖引玉的作用，大家共同参与讨论，共同提高。同时，由于此类软件还有其他如：美国BOSE的MODELER、荷兰飞利浦公司的THPHD PROGAM、ALTEC的AconstaCAD，还有如今用的很广泛的EASE(德国)等等，这些软件同样拥有很多专业用户，希望大家能在各个软件中相互比较、相互借鉴。值得一提的是，CADP2在很多方面与EASE建立了文件的相互转换，这使得相互学习变得更加方便。文中有不妥之处，还望批评指正。另：本文中涉及的其他类似性知识请参见《音响技术》杂志其他文章，如：软件的使用原理、文中涉及的专业音响知识，在此将不再重复。本文假定读者已具备这些知识。

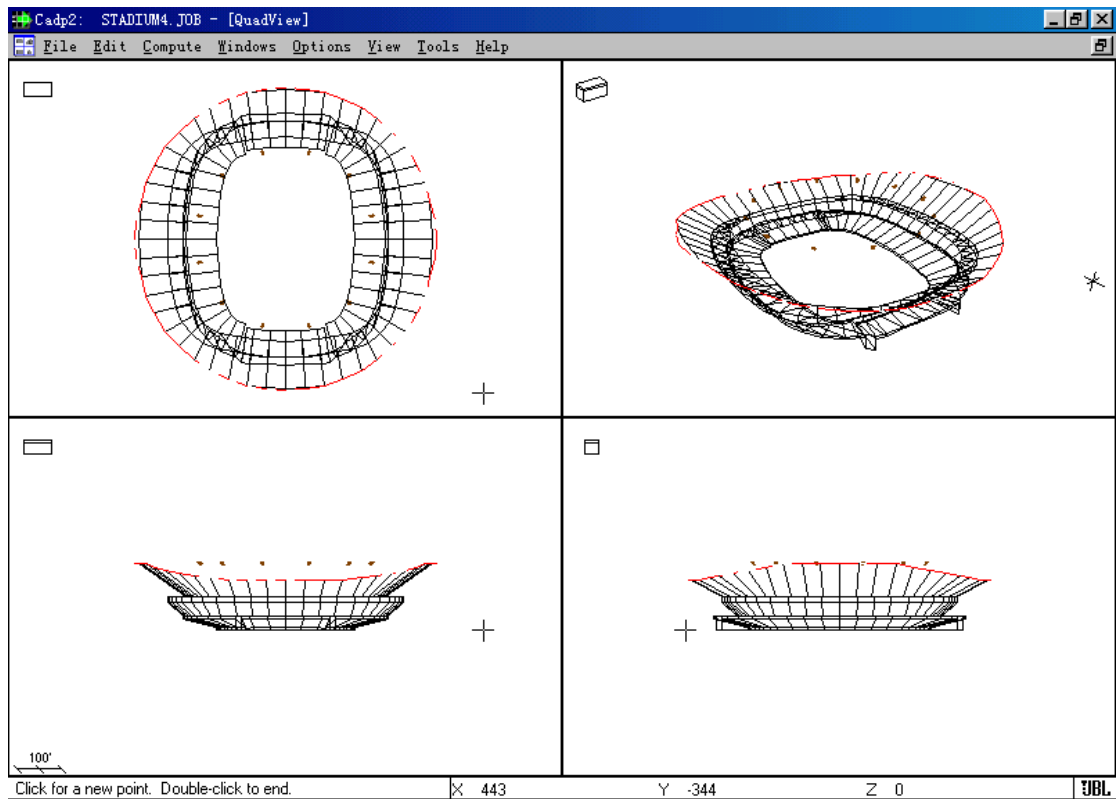
CADP2的发展及使用环境：

CADP2隶属于大名鼎鼎的JBL公司，初期版本诞生在二十世纪八十年代，到目前CADP2作出了许多修正和改进，它最新的版本已趋于成熟和稳定。

CADP2对计算机系统要求不高。一台586电脑基本能够正常运行。但在大型体育场馆及多路系统（大型阵列）情况下，对计算机的要求就比较高了，特别是对内存的要求。笔者建议内存至少需要128MB，256MB或512MB更好，CPU主频至少是PIII级别，显示器至少能支持1024×768的分辨率。硬盘空间只需几十兆即可。

CADP2的工作界面及主要菜单功能：

双击图标 打开CADP2，首先展示的是CADP2的版本、版权信息。单击OK后进入主界面，如图(1)：

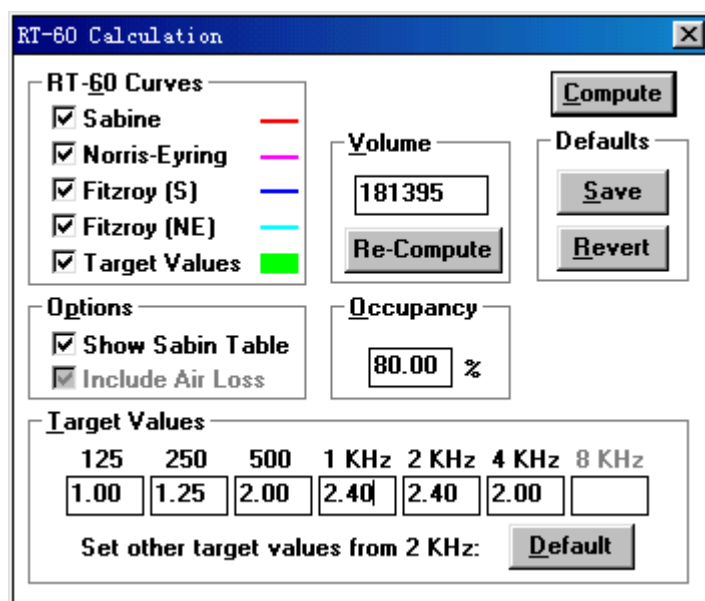


图(1)

图中四个方框就是作图编辑区域。参照每个方框中左上角的定位图标，从左上角开始，按逆时针顺序这四个方框依次称作顶视图（Top view）、侧视图（Side view）、端视图（End view）、斜视图（Oblique view），大家可以把它们依次理解为机械制图中的俯视图、主视图、左视图和立体视图。其中侧视图左下角有一个刻度尺，它是显示整个图形的放大缩小比例刻度尺。在这四个视图里我们可以通过输入建筑的每个平面点的三维坐标值以建造模型。同时也可以通过增加或删除点、线、面的方式进行修改建筑模型，直到满意为止。由于建模过程非一般 CAD 软件相同，且过程比较严谨和复杂，本文将在后面用专门篇幅介绍如何建模。这里只简要提及。四个视图下面是状态栏，显示软件当前执行的命令、信息提示及三维坐标数据。

现在重点介绍图中左上方的下拉菜单的主要功能，依次是：

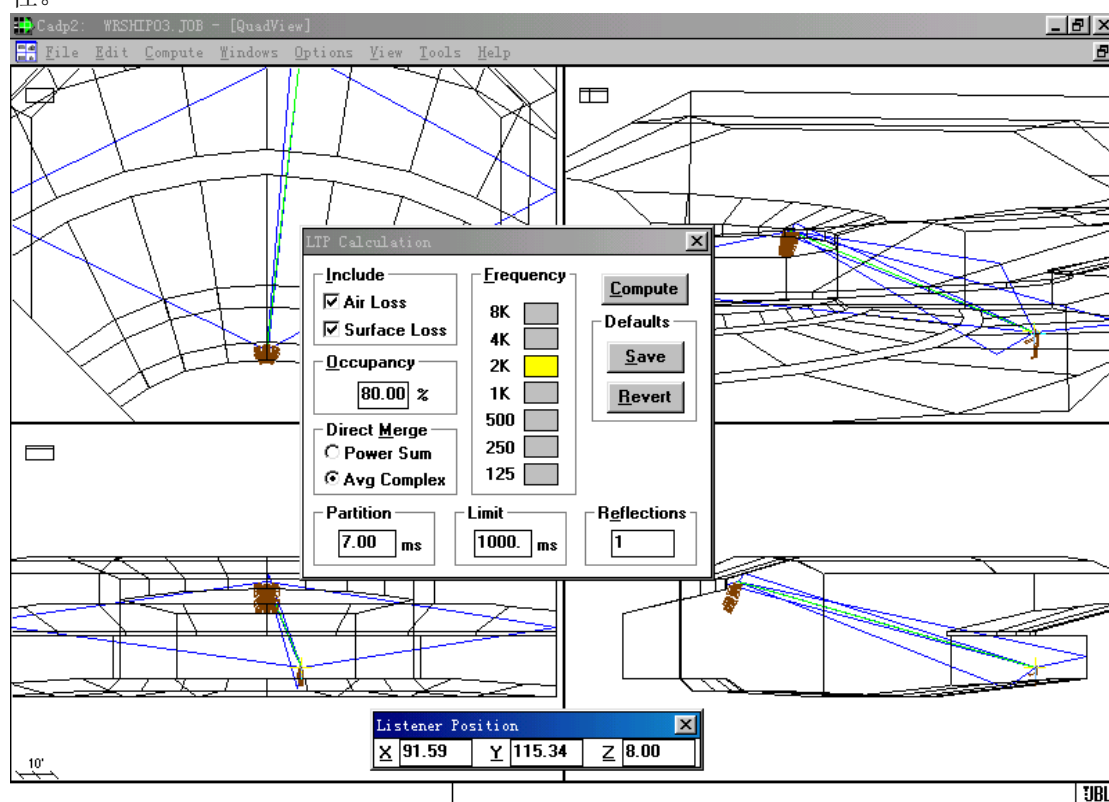
- I. **FILE:** 这里可以进行文档的新建、打开、保存、重新加载、打印、图形的 DXF 输入输出及格式转换，以及阵列系统的输入和输出。
- II. **EDIT:** 常用的撤消、剪切、复制、粘贴、删除、选择等基本编辑功能。
- III. **COMPUTE(声学计算):** 提供十项声学计算项目：①RT-60 时间计算（包括 Sabine, Norris-Eyring, Fitzroy, Fitzroy(NE)不同类型在 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K, 频带的计算项目），如图(2):



IV.

图(2)

②直达声场计算, ③反射场计算, ④直达+反射场计算, ⑤直达/反射比计算, ⑥直达+混响计算, ⑦直达/混响比计算, ⑧LTP (声压级电平、时间、路径) 计算如图(3), 图中显示的是一次反射射线的路径。



图(3)

⑨清晰度计算 (AI)如图(4):

Articulation Index Calculation

Noise Curves

☐ NC15 ☒ NC45
☐ NC20 ☐ NC50
☐ NC25 ☐ NC55
☐ NC30 ☐ NC60
☐ NC35 ☐ NC65
☐ NC40 ☐ Measured

Include

☐ Cutoff Time
 20.00 ms

Direct Merge

☒ Power Sum
☐ Avg Complex

Measured Noise Levels

250	500	1 KHz	2 KHz	4 KHz
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resolution

4.00

Compute
 Defaults
 Save
 Revert

图(4)

⑩辅音清晰度损失%ALCons (Percentage Articulation Loss of Consonants)计算，如图(5):

%ALCons Calculation

RT-60 Curves

☒ Sabine
☐ Norris-Eyring
☐ Fitzroy (S)
☐ Fitzroy (NE)
☐ 2K Target Value
 2.00 sec

Occupancy

80.00 %

Direct Field

☒ Power Sum
☐ Avg Complex
☐ Cutoff Time
 20.00 ms

Volume

611484

Re-Compute

Resolution

4.00

Compute
 Defaults
 Save
 Revert

图(5)

IV. WINDOWS:

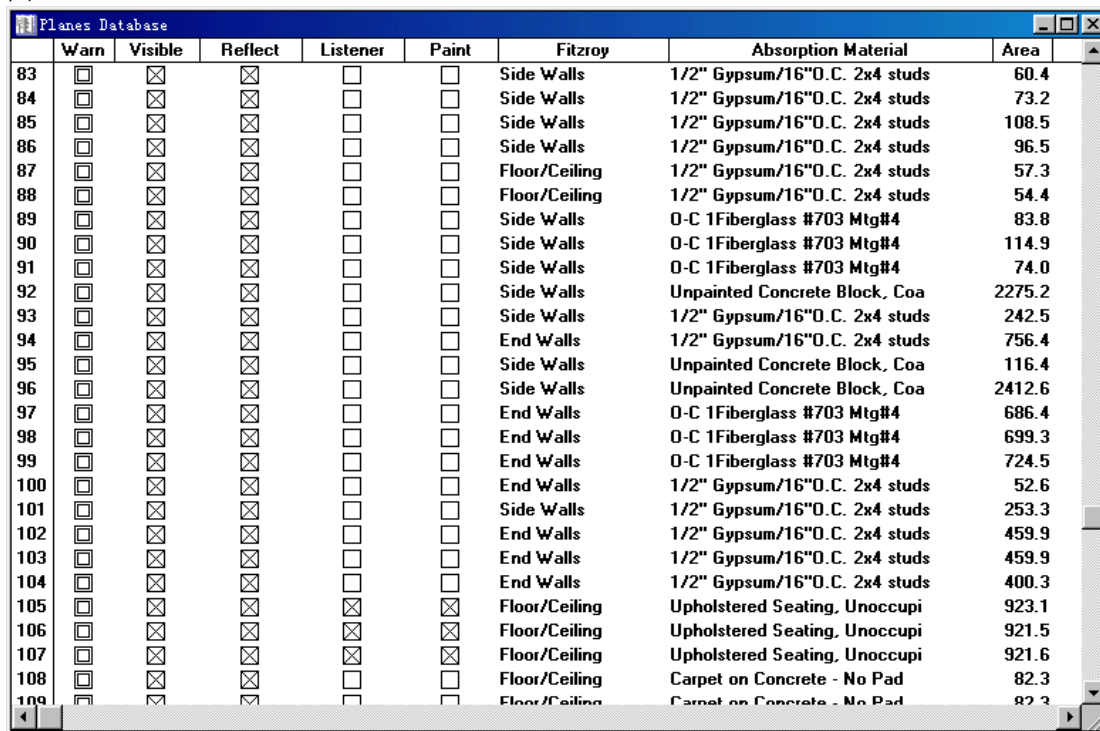
1、Layers(层控制): 如图(6):

	Visi	Loc	Ext	Layer Name	Layer Type	Size (KB)	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Main System	Array Placement Data	6.94	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct Field 2k	Direct Field Data	22.19	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct Field 4k	Direct Field Data	22.19	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct Field 8k	Direct Field Data	22.19	
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct Field 1k	Direct Field Data	22.19	
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct Field 500	Direct Field Data	22.19	
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct Field 250	Direct Field Data	22.19	
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct+Reverberant Field	Dir+Reverb Field Data	22.19	
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Articulation Index	AI Data	22.19	
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Level Time Path 2k	LTP Data	3.97	
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Level Time Path 4k	LTP Data	3.97	
13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Direct:Reverberant Ratio	Dir:Reverb Ratio Data	10.06	

图(6)

这里显示的是上面提及的每一项计算结果的层列表。打开计算结果数据的刻度标尺也是在这里。即：在想打开的计算层前面的编号上双击即可(见图9)。由于工程中有很多计算项，包括每项计算中又有不同频段的计算，因此为了不致产生混乱，计算层的管理显得很重要。其中层命名就是在这里。

- 2、 **SHOW PLANES (显示平面)**：打开此命令将显示平面数据库窗口，如图(7)：



	Warn	Visible	Reflect	Listener	Paint	Fitzroy	Absorption Material	Area
83	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	60.4
84	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	73.2
85	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	108.5
86	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	96.5
87	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	57.3
88	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	54.4
89	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	0-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	83.8
90	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	0-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	114.9
91	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	0-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	74.0
92	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	Unpainted Concrete Block, Coa	2275.2
93	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	242.5
94	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	756.4
95	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	Unpainted Concrete Block, Coa	116.4
96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	Unpainted Concrete Block, Coa	2412.6
97	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	0-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	686.4
98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	0-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	699.3
99	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	0-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	724.5
100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	52.6
101	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Side Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	253.3
102	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	459.9
103	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	459.9
104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	End Walls	1/2" Gypsum/16"O.C. 2x4 studs	400.3
105	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Upholstered Seating, Unoccupi	923.1
106	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Upholstered Seating, Unoccupi	921.5
107	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Upholstered Seating, Unoccupi	921.6
108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Carpet on Concrete - No Pad	82.3
109	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Carpet on Concrete - No Pad	82.3

图(7)

- **WARN (警告)**：警告有问题的平面。由于整个建模过程出现任何错误致整个 3D 模型不能合法封闭，即是开放着的，哪怕有一个多余的点或线，则会警告此处出现问题。
- **VISIBLE**：控制每一平面的可见性。由于某些 3D 图看起来可能会很复杂，为让观察更为方便清晰，可以去除一些平面，但这只是为了显示方便，不是实际意义的移除平面，对于计算无任何影响。
- **REFLECT**：控制平面是否反射。
- **LISTENER**：根据此平面是否有听众进行设定。其中每一平面上的听众占有率在计算中也是可以调整的。
- **PAINT**：决定此平面是否进行计算结果后的电平着色显示。因为在 CADP2 中所有计算结果都以红、黄、蓝来表示电平的高低（参见图(9)直达声计算）。这里可以选择你不想要计算的区域而不去着色，比如一个封闭模型的天花板或侧墙，这些平面的计算结果一般不是我们想要显示的，这样我们可以更清楚的观摩其它平面计算值的着色情况。另外，着色区域与被着色平面之间有一定的高度，此高度等于听众的耳朵与地面的高度。这一项是可调整的，CADP2 默认高度是 4 英尺（听众坐在座位上的高度）。

- **FITZROY:** 定义平面在 3D 图中的位置属性。可选项有：天花板、地面、侧墙、前墙、后墙、N/A 等。
- **Absorption Materials:** 这里可以定义此平面上所用何种吸音材料。这点很重要，这对于还未施工的工程具有很好的预测性，且可以有效指导建筑施工。我们可以综合各种实际条件以及各种计算结果对比进行合理的材料选配，且无须动土。
- **AREA:** 当一个平面封闭时，这里将自动显示其面积数据。

另外，对每一个平面若进行编辑修改也可以在此平面数据库窗口进行，具体方法是：双击某平面前的编号，则自动弹出此平面的各个点的三维坐标值及 ID 号，如图(8)。图中显示的是 11 号平面的 15 个点的 3D 坐标值。

Planes Database									
	Warn	Visible	Reflect	Listener	Paint	Fitzroy	Absorption Material	Area	
9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Carpet on Concrete - No Pad	82.3	
10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Carpet on Concrete - No Pad	82.2	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Wood Floor	8613.9	
12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Upholstered Seating, Unoccupi	921.6	
13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Upholstered Seating, Unoccupi	921.5	
14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Floor/Ceiling	Upholstered Seating, Unoccupi	923.1	

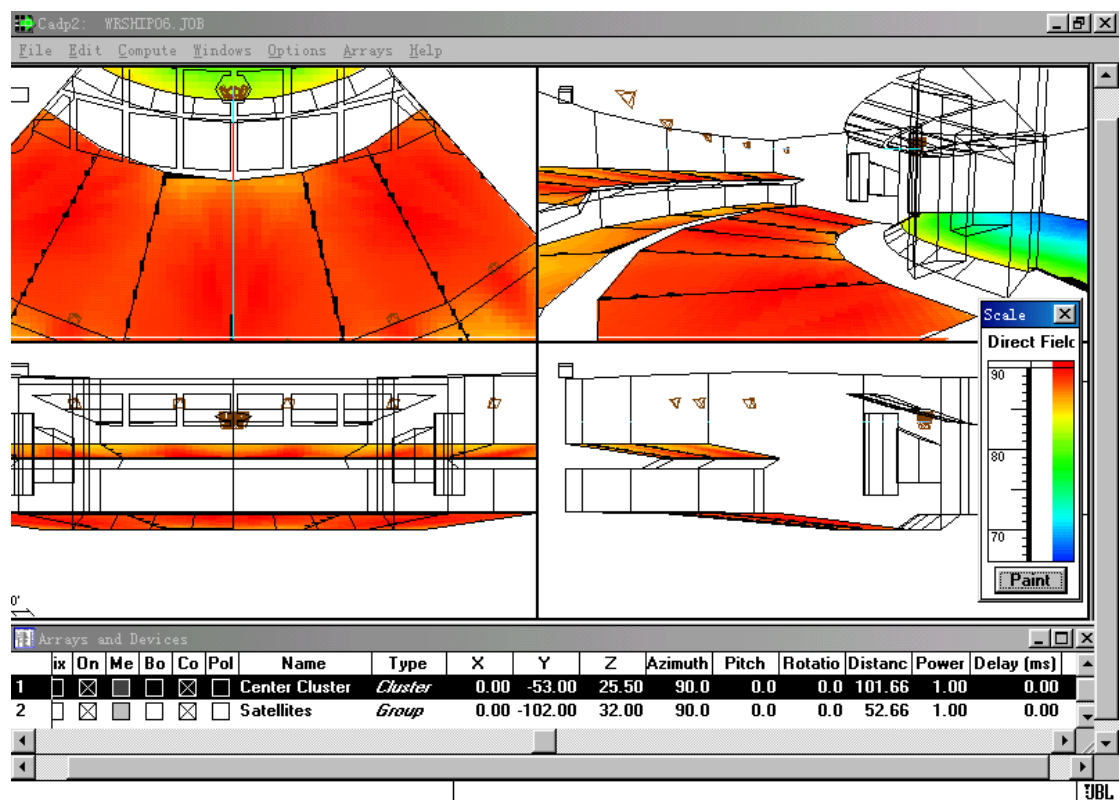
Points in Plane 11					
	Id	X	Y	Z	
1	15	0.00	-56.50	-0.50	
2	16	10.99	-55.73	-0.50	
3	19	21.78	-53.44	-0.50	
4	20	32.13	-49.67	-0.50	
5	22	41.86	-44.51	-0.50	
6	27	40.26	-42.00	-0.50	
7	26	60.00	-42.00	-0.50	
8	25	60.00	22.50	-0.50	
9	24	-60.00	22.50	-0.50	
10	204	-60.00	-42.00	-0.50	
11	205	-40.26	-41.92	-0.50	
12	206	-41.86	-44.50	-0.50	
13	207	-32.13	-49.67	-0.50	
14	208	-21.78	-53.44	-0.50	
15	209	-10.99	-55.73	-0.50	

图(8)

，这里可以以绝对精确的数据来定义每个平面点，以达到更精细的修改平面之目的。

3. ARRAYS AND DEVICES（阵列和设备）：

这里可以控制音箱阵列和设备的开关、相位、命名、阵列类型、3D 坐标值、方位角、垂直角、旋转角、射程、功率大小、是否延时等项目。如图(9)中下面部分：



图(9)

4. **ABSORPTINN MATERIALS** (吸音材料) 如图(10):

Absorption Materials			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
99	CL	Carpet w/Pad & Latex Back	8.0	27.0	39.0	34.0	48.0	63.0
100	US	Upholstered Seating, Unoccupi	19.0	37.0	56.0	67.0	61.0	59.0
101	LS	Leather Covered Seating, Unoc	44.0	54.0	60.0	62.0	58.0	50.0
102	UB	Unpainted Concrete Block, Coa	36.0	44.0	31.0	29.0	39.0	25.0
103	PL	Plaster on Lath	14.0	10.0	6.0	5.0	4.0	3.0
104	WR	Wood on Raised Platform	40.0	30.0	20.0	17.0	15.0	10.0
105	GP	1/2" Gypsum/16" O.C. 2x4 studs	29.0	10.0	5.0	4.0	7.0	9.0
106	PB	Painted (Sealed) Concrete Blk	10.0	5.0	6.0	7.0	9.0	8.0
107	BU	Unglazed Brick - Unpainted	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	7.0
108	SB	Painted (Sealed) Brick	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0
109	PF	Plaster Faced Brick	1.3	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
110	MT	Marble or Glazed Tile	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
111	P4	1/4" Plywd/2x4 studs/1" Glass	60.0	30.0	10.0	9.0	9.0	9.0
112	P3	Wood Panel, 3/8"-1/2" on 2x4	30.0	25.0	20.0	17.0	15.0	10.0
113	CF	Cpanel - Armstrong Fissured	23.0	29.0	56.0	75.0	79.0	84.0
114	CA	Cpanel - Armstrong Classic	28.0	30.0	55.0	76.0	75.0	60.0
115	CG	Cpanel - Armstrong Georgian	26.0	42.0	53.0	57.0	46.0	31.0
116	G8	1/8 Crystal Glass	35.0	25.0	18.0	12.0	7.0	4.0
117	G4	1/4 Plate Glass	18.0	6.0	4.0	3.0	2.0	2.0
118	C1	10oz/yd Curtn - Flat on Wall	3.0	4.0	11.0	17.0	24.0	35.0
119	C2	10oz/yd Curtn - Folded 50%	7.0	31.0	49.0	75.0	70.0	60.0
120	C3	18oz/yd Curtn - Folded 50%	14.0	35.0	55.0	72.0	70.0	65.0
121	S1	2" (50mm) Sonex, Mtg#4	8.0	25.0	61.0	92.0	95.0	92.0
122	S2	3" (75mm) Sonex, Mtg#4	14.0	43.0	98.0	100.0	100.0	100.0
123	O1	O-C 1Fiberglass #703 Mtg#4	3.0	22.0	69.0	91.0	96.0	100.0
124	O2	O-C 1Fiberglass #705 Mtn#4	8.0	25.0	74.0	95.0	97.0	100.0

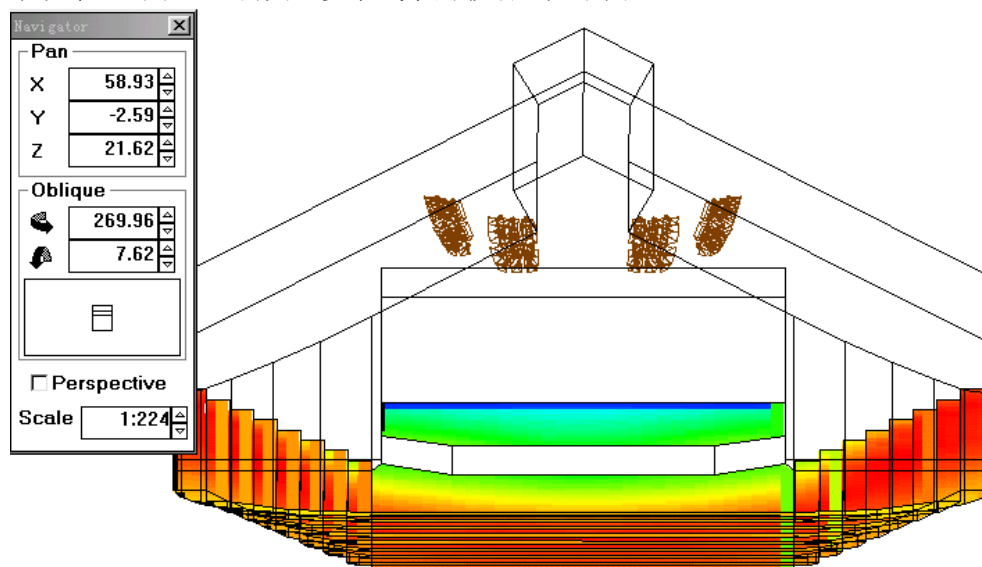
图(10)

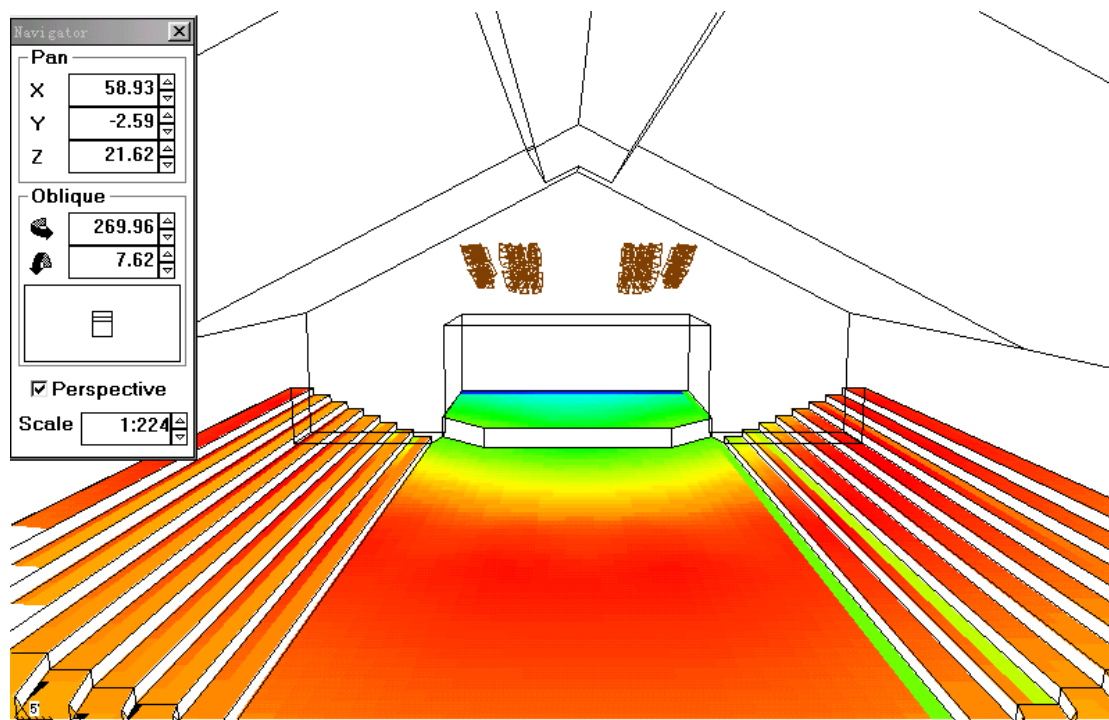
这个窗口是开放的，可编辑的，设计者可以根据自己需要进行增加或删除吸音材料数据库，为自己的设计提供方便。

5. **DEVICES CATALOG（设备目录）**：这里包括几乎所有 JBL 的设备目录。供设计时选取，当然可以包括其他公用的产品。需要说明的是，经过 JBL 公司认证的产品将会有标记。非 JBL 公司的产品如果没有经过 JBL 认证，则 JBL 不保证其计算结果的准确性。

- V. **OPTIONS**：设置选项，控制 CADP2 的绘图单位是用英尺还是用公制米；音响中是用瓦还是用分贝；作图时是否启用点、线、栅格捕捉，以及捕捉精度。值得一提的是，JBL 公司对环境考虑的也非常细致。对声速和气压都作出了细致规定，其中温度和湿度以及海拔可以根据工程所处的实际情况进行设定。

- VI. **VIEW（观察窗口）**：这里提供图形的多种显示方式，以方便作图及观察视图。菜单栏里提供了一个很实用的工具：**NAVIRATOR**。正如它的命名，它就是像是一个导航器，控制视图的面、X、Y、Z 轴的移动及水平和垂直旋转，以及图形的缩放。同时它也提供了一个透视模式。透视在三维建模中的用途是非常广泛的，它是真实再现的视觉特性。有了它，我们可以进入房间的任何一个角落进行细致观察，而不必理会其它多余线条的影响。如下图：





VII. TOOLS（工具菜单）：这里的命令都是为建模作图服务的，在此暂不作描述，将在作图中详细讲解。

至此，大家对 CADP2 的菜单功能已经有了全面的、概括的了解。为了便于学习，文中插入了许多相关图片，供朋友们参考。在后面的学习中，我们还要提到这些内容，到时我们会将它们逐一展开进行运用。同时，希望众多初学者能够消化它，因为只有这样，以后的内容才能真正被理解。下次笔者将以具体的实例讲解 CADP2 的重要操作步骤：**声学计算部分**。