

第一章:指导

1.1 指令

LEAP 程序必须完全安装好, 如果没有安装, 请回到参考手册, 并按照第一章(安装)和第二章(装置)的步骤安装, 同时强烈建议你阅读第三章(系统总览)以便在开始阅读本操作手册前, 使你熟悉整个系统。

LEAP 程序

首先开始指导时, 你必须进入本程序主菜单(如图 1.1)(Main Menu) 如没有进入主菜单, 请按 ESC 键。

底部命令栏是操作信息, 它需输入一个命令, 它告诉你程序否处于繁忙或显示一个错误信息。

在主菜单中, 数据库操作和总系统操作的指令由题目处于小方括号内, 它是开始一个操作的指令字母。(点击可开始)

下一步《用键盘选择菜单命令操作》

按《T》键

你现处于转换和喇叭项目中如图 1.2 工作区域显示了当前储存项目列表, 主菜单已经被 TSL 操作菜单代替。命令程序变成了“TSL MENU Select Command”。

按 ESC 可回主菜单

下一步 按[ESC]

你已回主菜单

1.2 驱动器选择

如果装在 C 盘, 可直接进入 1.3 节, 如装在 D 盘, 或者别的驱动器, 则按下面的说明改变程序的效置位置。

进入《Select Menu Command Operation by Key》

按[D]键

进入《DGL Menu Select Connand》

按[F]键

现处于 DGL 文件管理中如图 1.3, 当前驱动器盘符显示在文件选择窗口后。

下一步进入《Select Menu Connand Operation by key》

按[[^]D] (Ctrl+D) 键

你必须现在输入 LEAP 所在驱动器盘符。

下一步进入 Enter Library Drive Letter=C

键入 LEAP 所在驱动器字母然后按 ENTER 键。

下一步进入《Select Nleru……》

按 ESC 键两次

为保存改变需退出系统重启动

下一步进入《Select Menu Commard……》

按[X]字母

下一步进入……Eixt LEAP Program[Y/N]?

按[Y]键

下一步进入(DOS Prompt)

键入“LEAP”然后按回车。

丢失的项目被找到并从当前驱动器中被装载, 你可以继续指导了。

1.3 编辑一个 TSL 项目 喇叭项目

你现在可输入一个喇叭到 Tramsducer/Speaker Library, 输入(10)可存贮此喇叭, 首先你必须转到 TSL 操作菜单中。

下一步进入《Select……》

按[T]键

现在你看到一个 TSL 项目列表如图 1.2, 你必须为新喇叭选一个没被应用的项目移动高亮区到项目(10), 然后按回车编辑此项目。

下一步进入 TSI Menu……

用上下光标键找到 entry (10)

下一步进 TSL Menu……

按回车

程序显示了 TSL 编辑画面如图 1.4, 可用回车键选择项目显示, 可用上下光标察看不同项目。

下一步进入[▼▲]Chang Entry……[< ' -]Edit、、[ESC]Abort

按[ENTER]Key

你已选了项目（10）输入你的新喇叭，命令栏现提醒你输入一个喇叭的名字，确定此喇叭有如下参数。

OD 外径 I 阻抗 Rerc 线圈电阻 Lerc 线圈电感 Sd 振动面积 BL 磁通量 F0 最低（自由空气）
声学体积 Qms 机械阻尼
Pmsx 功率极限 Hvc 音圈尺寸（长度） Hag 空气间隙高度
Xmax 线性偏移

如输错参数，用←键修改，如已按回车，可用[HOME]或[UP]，可回到开始编辑画面，可用[ENTER][TAB]or[Dn]光标键改正，最后输入正确参数。

所有喇叭参数必须用国际公制米。公斤秒制现你可开始输入新喇叭参数，察看当前命令栏。

下一步进入 Transducer Name< >

输入“A New 15ihch Speaker”然后按回车。

下一步进入 Nodel Code 0=spkr,1=General,2=Rebbon,3=Piezo< 0>

按回车接受 default

下一步进入 Nominal Rated Impedance(Ω)=<0.000000>

输入“8”按回车

下一步进入 Voice Coil Resistance (Ω)@PC=

输入“6、8”及回车

参数 Krm, Kxm, Erm 和 Exm 没有出现在参数列表中，这些参数是用来建立，基于音圈阻抗上升时的电阻、电感特性的频率模型的，对于音箱的设计，这些参数被假定为简单的线性模式，对更详细的信息，请参考手册的第 5 章模型描中的基于分量模型的频率。

下一步进入 Resistive Motor Impedante Constants m(Ω)=<0.000000>

按回车接受 default

下一步进入 Reactire Motor Impedance Constant [or Levcl] (mh)=(0.000000)

输入“1、386”及回车

下一步进入 Resistive Motor Impedance Exponent=(0.750000)

输入“1”及回车

下一步进入 Reactive Motor Impedance Exponent=(0.750000)

输入“1”及回车

下一步进入 “Piston Area Sd(Sqmeters)=(0.000000)

输入“0.089”及回车

下一步进入 BL Product(Tesla Meters)=(0.000000)

输入“19”及回车

下一步进入 Vas of Speaker (Liters)=(0.000000)

输入“264.5”及回车

LEAP 已算出 Cms（机械声顺）是 235.1514 微米每牛顿，如你输入一个与此算值不同的数值 LEAP 将重新计算相匹配的 Vas（空气体积），如接受运算结果就按回车。

下一步进入 Cms of Speak(uM/N)=(235.151400)按回车接受计算结果

因你不知 Mms（空气据动质量），你无法输入。LEAP 将为你计算出来（当输入 F0 后）现只需保留“0”值。

下一步进入 Mms[Free Air Load]of Speaker(Grams)<0.000000>

按回车接受 default

LEAP 已计算出 Mmd 是-15.266970 克，这是输入 F0 后的正确结论，所以接受这数值。

下一步进入 Mmd[Diaphragm Only]of Speaker(Grams)<-1.5266970>

按回车

Fi 参数是无限障板下的喇叭共振频率，包括障板上的空气质量，同样 LEAP 也已计算出来了，后需保持 83.998190H2>

下一步进入 Infinite Baffle Resonance(H2)<83.998190>

按回车

下一步进入 Free Air Resonanet(H2)<0.000000>输入“30、6”及回车

下一步进入 Qes of Speaker<0.000000>输入“6、674”及回车

下一步进入 Qes of Speaker<0.416632>输入回车接受计算的值。

下一步进入 Qts of Speaker<0.392152>输入回车计算值。

下一步进入最大功率 RMS (watts) <0.000000>输入“300”及回车

下一步 Height of voice Coil Winding(Mm)=(0.000000)输入“24”及回车

下一步进入 Height of Magnetic Air Gap(mM)=(0.000000)输入“8”及回车

下一步进入 Voice Coil Over/Under Hang (Mm)=(0.000000)按回车接受计算值。

Cmx 声顺线性极限及 Cmo 非线性声顺都是特征的参数功能，它们允许 LEAP 进行驱动器声顺的非线性分析，尽管这些参数可由用户建立，但 default 值将往往是大多数用途下安全的选择。

下一步进入 Break Point of Compliance Linearity(mM)=<8.000000>

按回车接受 default

下一步进入 Non-Linear Compliance Factor=<1.000000>按回车接受 default

喇叭的最后参数必须与音圈的温度一起计算，当进行喇叭及附件组后在设计图项目下分析时，用户可指定输入功率水平。由于音圈温度随功率而增加，温度必须与功率相应调整，程序自动完成了用于 VC 值的音圈温度，LEAP 基于 Pmx（最大功率）项目大算 VC 因为音圈大 250 摄氏度时开始变坏，LEAP 假定最大功率上升是相关于近这一温度，VC 是通过最大功率及 250 摄氏度音圈温度计算出来，如果你知道其他数值，你可手动输入这一 VC 值假定 Pmx 已被正确输入，VC 应该是正确的被计算出来。

下一步进入 Thermal Resistance from vcto Air(C°/W)=<0.833333>

按回车接受计算值

最后 4 个位置是用户名称区，你可输入复杂的信息

下一步进入 User 1(……)

按回车接受 default(显黑色)

下一步进入 User2<……>按回车

下一步进入 User3<……>按回车

下一步进入 User4<……>按回车

这已完成了喇叭参数量输入，输入最后的用户名称后，此程序自动回到 TSL 操作菜单，并显示项目列表，注意项目（10）被冠以 A New 15inch speaker 的题目。

LEAP 可以验证参数的相关性，这提供了一个好的手段，以便验证由厂家提供的喇叭参数的准确性。用户须输入几个参数以便 LEAP 可计算，然而，我们必须输入 Cms 和 Mms 而不是 Vas 和 Fo，而且 LEAP 将可计算出 Vas 和 Fo。

无论你计算这喇叭或发现它的音圈质量是 105 克（非 99.77）或它的声顺是 266UM/N（非 235.15）你可以回去修改这些值。

注意音量应在项目（10）这是你要修的位置，作为 default、LEAP 将回到最后的用户输入值 C 只需按回车键。

下一步进入 TSL Menu……select command 按回车

你已选择了正确的 TSL 项目，按回车可进行编辑。

下一步进入 []Change Entry…[∠-`]Edit……[ESC]Abort 按回车

现在，看命令栏 default 显示了你以前输入的名称位置。如你愿意，可改变名称，在修改后，可用[BACKSPACE]键删去先前输入的值，用[BACK SPACE][CTRL+BKSPC]代入先前输入的 default 值，[ZNS]trt/[DEL]ete 键是活的，允许你插入新的数值或越过 default 命令栏中的十字交叉符可显示你有的空间。

现在，转到你前面想改的参数上，注意你已接受的 default 值，你可用回车[TAB]或[DOWN]标点向下移动列表。

下一步进入 Transducer Namela New 15inch A Cod New 15inch Speakdr

按[ENTER]，[TAB]或[DOWN]键直达到 CMS。

你现在位于 Cms 位置，default 值是 235UM/N，你想把它变成 266UM/N，当按回车时看着 Vas 值。

下一步进入 Cms of Speaker(UM/N)=<235.151400>输入“266”及回车

LEAP 已改变 Vas 从 235 到 299, Liters 以对应 Cms 的改变，现在你可变 Mms 到 105 克。

下一步进入 Mms[Free Air Load]of Speaker(Grams)=<105.040300>输入“105”及回车

Mmd 已被算出为 89.733 克，接受这一值。

下一步进入 P Mms[Pree Air Load]of Speaker(Grams)=<89.733020>输入[ENTER]键接受计算值。

LEAP 现已重算 Fi 如 default 所显示约值接受这一新的数值。

下一步进入 Znfinite Baffle Resonce(H2)=<28.138840>

按回车接受这一计算数值

LEAP 现已重算 F0 如 default 所显示的值接受这新数算。

下一步进入 Free Air Resonace(H2)=<30.115130>按回车接受这一数值。

基于你的改变，LEAP 需计算新的数值你必须按次序经过这些区间输入那些计算值。

下一步进入 Qms of Speaker=<5.994995>按回车接受这一数值。

下一步 Qts of Speaker=<0.352255>按回车接受这一数值。

以上改变不作用于 Pmax 值, Hrc Hag Xmx Cmo, 所以你可退出[用 ESC]

下一步进入 Maximum Power RMS=<300.00>按[ESC]键。

现在，你可在命令栏中看到“TSL Menu、、、、、Select Command”看项目（10）可看到已改变的题目名称那是“A Cool New 15inch Speaker”这一修改方法也适合 ECL 和 DGL 项目。现在按[ESC]进入主菜单。

下一步进入 TSL Menu、、、、、Select Command 按[ESC]键

现在回到了主菜单，可进行下面 1.4 节了。

1.4 编辑一个 ECL 项目 音箱项目

现在为你的新喇叭在 ECL 项目中建立一个空间，首先察看 ECL 列表并决定把新内容放在何处。

下一步进入《Select Menu Command Opreatim by key》按[E]键

现你看到一个 ECL 中的项目列表如图 1.5 所示，用[UP][DOWN]键选出项目（14）放置你的新音箱。

下一步进入 ECL Menu——Select Command 把游标[UP]/[DOWN]移到项目（14）

下一步进入 ECL Menu、、、、、Select Command 按回车

程序显示出 ECL 编辑如图 1.6

下一步进入[]Change Entry...[∠-`]Edit.....[ESC]Abort 按回车

ECL 项目也有一个名称区，命名这一款为“3CU ft Sealed BoX”

下一步进入 Enclosure Name< ->输入 3cut ft sealed Box 及回车。

模型区反映了基本的音箱类型，因为这是一个封闭音箱其普通是适当的对更多的音箱类型，可看参考手册第九章 ECL 数据库。

下一步进入 Model:

0=Highpass, 1=Bandpass, 2=Generic, 3=Infinite, 4=Freeair<0>

按回车接受 default

注意工作区的左边是“Rear Caviity（后空），这一区域是为带通音箱的后腔或高通音箱的单腔设置的“Front Carity”以下那一区域是用于一个特定的具体带运音箱。

“Wire”区域区分喇叭连接分式，对一个单喇叭模式，如这一例子选择一个平行结构。

下一步进入 Wiring Method:0=Series, 2=Series/Parallel (0)

按回车键接受 default

“Mount”区域告诉程序，这是单一喇叭安放或是两个喇叭按组合结构安放，因目前例子是单喇叭选（Normal）。

下一步进入安放方法 Mounting Method 1=Normal, 2=Compound<1>

按回车接受 default

你的音箱有一个 3CU、FT 体积，所以输入 3

下一步进入 Rear Net Internal Volume(CF)输入“3”及回车

下一个区域，Vocc 被占有空间，让用户区分音箱内被喇叭及箱体支柱等占用的空间，LEAP 将把这些加到总空间以计算箱体尺寸，在这里你如果忽略箱体的物理形状，所以此数值设为零。

下一步进入 Rear Occupied Volume(CF)=<0.000000>

按回车接受 default

基于你输入的体积 LEAP 任意已算出箱体尺寸，因你不关心箱体尺寸，可按步骤进入“Dpth”，“Wdth”和“Hgth”区。

下一步进入 Rear Internal DEPTH(IN)=<12.237980>

按回车键接受计算值

下一步进入 Rear Internal WIDTH(IN)=<17.307120>

按回车接受计算值

下一步进入 Rear Internal WIDTH(IN)=<24.475960>

按回车接受计算值

下一个区域（Fill）标明音箱内部的吸音材料的安放方式，50%填充对应箱体的与层材料，现在你可接受这一计算值。

下一步进入：Percentage of Vabr Filled by Damping Material=<50.000000>

按回车接受计算值

“FGEF”（玻璃棉等价因素）标明用于音箱的吸音材料的密度，R19 玻璃棉作为标准值，其条数为 1（程序缺损），这是一个好的开始点，所有接受这 default.

下一步进入：Fiber Glass Eguivalent Factor of Damping Material=<1.000000>

按回车接受 default

下一步进入 Number of Ports/Drones in Rear=<0>

按回车接受 default

下一步进入 Number of Transducers=<1>(单元数)

按回车接受 default

VC-Baff 和 Enc-Enc 区域不重要，可离开这里。

下一步进入 Voice Coil to Baffle Board Distance(IN)=<39.400000

按回车接受 default

现在用 ESC 键跳到用户名称区

下一步进入 User1<.....>

按[ESC]

这就是你已完成的音箱，现回到主菜单。

下一步进入 ECLMenu.....Select Command

按[ESC]

你要回到主菜单才可进入 1.5 节。

1.5 编辑一个 DGL 项目

为分析一个喇叭或音箱综合体，设计图型资料项目是必须考虑的首先，你必须看 DGL 列表以决定把新增内容放在哪里。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》

按[D]键

现在你 DGL 中项目列表，如图 1.7 用游标[UP]/[DOWN]键选择项目（4）放置你的新设计。

下一步进入 DGLMenu.....Select Command 移动[UP]/[DOWN]到项目（4）位置。

下一步进入 DGLMenu.....Select Command

按回车

程序显示 DGL 编辑画面如图 1.8 可按回车选择显示的项目或察看不同项目。

下一步进入[]Change Entry...[<-`]Edit.....[ESC]Abort

按回车

这一设计名称定为“New Speaker in Sealed box 1W/M”及回车

程序显示出 TSL 列表，指示你要选一个扬声器用于设计中，注意高亮区位于 TSL 项目（10），这即是你在 1.3 节中输入的喇叭，当你开始一个未用过的 DGL 项目时，LEAP 当选择你作为缺损编辑出的最后那个喇叭，你只需按回车即可。

下一步进入[]Select TSL Entry, and Press [<-`]Edit.....[ESC]to Abort

按回车键

DGL 编辑画面又立即回来了，然后程序又显示 ECL 列表，提示你必须选择一个音箱用于你的设计，注意高亮区位于 ECL 项目（14），那是你在 1.4 节中输入的音箱，然后，LEAP 显示编辑的最后一个音箱。

按回车接受缺损的 ECL。

下一步进入[]Select ECL Entry, and Press [<-`].....[ESC]to Abort

按回车键

如果你没有做被动网络资料或主动过滤资料，程序将假定你已做过而运转，（直到你运行一个分析程序）。然后，它将忽略 PNL/AFL 项目，给出一个仅仅基于喇叭或音箱组合的图形。

DGL 编辑又马上重新显示出来，然后程序显示 PNL 列表，提示你必须选择一个被动网络用于你的设计，提示你必须选择一个被动网络用于你的设计，即使你没有做出分频网络，一个 PNL 也必须被标出，如果没有使用分频器，那么你需要一个无元件的直通模式的项目，这类项目被你已装载的 PNL 指导文件中提供。

选择项目（1）题目主“直通”，注意 PNL 项目也可以用于包含线材及分频器的电阻重合（例如 50 的 16 直径将增加 0.40 欧姆，它可在 PNL 项目中代替直通。

下一步进入[]Select PNL Entry, and Press [<-`].....[ESC]to Abort

用[UP]/[DOWN]键移动至项目（1）entry(1)如 PNL，你也要输入一个主动过滤资料项目即使你没有使用电子分频器，例如，选择 AFL 项目为 NO、1 题目“无过滤平坦响应”即是没有过滤项目输入。

下一步进入[]Select AFL Entry, and Press [<-`].....[ESC]to Abort

用[UP]/[DOWN]键移动到 entry no.1

下一步进入[]Select AFL Entry, and Press [<-`].....[ESC]to Abort

按回车

接下来，你输入将要分析的音箱序列的数目，因为你只用了 1 个，你可接受缺损值。

下一步进入 Number of Enclosure in Array:<1>按回车接受缺损值。

The array type Parameter（序列类型参数）允许你可选择平面或曲线式的，因你没有分析曲线式，所以接受缺损值。

下一步进入 Entry Array Type:0=Flat,1=Curred<0>按回车接受缺损值。

你要计算测量的位置，有三种选择，半空的、无反射的和地平面的，因为半空提供了一个平直响应选[H]。

下一步进入 Domain:[H]=Half-Space, [A]=Anechoic, [G]=Grhd-Plane<H>。

按回车接受缺损值，下一个区域标明程序将测量声压值的距离，SPL 是从音箱障板到假想话筒的计算距离。

下一步进入 Distance for SPL(Meters):<1.000000>按回车接受缺损值。

Vamp1fj 是假想的驱动要分析音箱的功放的输出功率，P/SPKR 是音箱中每个喇叭的功率，Ptotal 是功放机输出总功率，这三个区是相依有关联的，如果你改变 1 个，其他的将自动重算，如你愿接受缺损值并在 P/SPKR 中输入一个功率值，你将看到 1 瓦/米的数值标准所以请接受缺损值。

下一步进入 Amplifier Output Voltage (Vrms):<2.830000>

按回车接受缺损值

下一步进入 Power Per Speaker(Watts):<1.001112>

按回车接受计算值

下一步进入 Total Power (Watts):<1.001112>

按回车接受计算值

Temp VC 是音圈温度，它是由 LEAP 应用 TSL 项目中的 Pmax 和 VC 参数计算出来的，当你在分析时改变功率值时，它将随之变化，接受计算值。

下一步进入 Temperature of Voice Coil (C):<25.83426>

按回车接受计算值

最后 4 个区域用于命名，可用[END]键跳过。

下一步进入 User 1:< > 按[END]键

此分析表示出频率范围的 552 个分离点，它们是由 LEAP 建立的菜单所选的，当前被计算的频率被显示在命令栏。

计算时间依电脑速度而变，而且 LEAP 系统控制参数允许用户设定分析速度和精度（用改变插入值的办法），缺损的 DGL 分析分辨率是 4，这是指实际的运算是每 4 步含 4 级频率变化。其余为插入值。

分分析做完，命令栏 将显示信息“DGL Menu.....Select Command”你也可看见 DGL 项目的列表。

产生的结果被存贮在 DGL 项目内，生成图型的数据存放在这里，因为这一原因，DGL 项目远大于其他类型的项目。

二十条设计项目让你存贮了二十种不同的设计音箱结果，无需重新计算每个频率点来显示图型，然而你需要有足够存放 20 个项目信息的驱动器来存放这些内容（每个项目需 40 个、2KB）

现在可进入 1.6 节

1.6 显示图型

现在你完成了分析，你希望结果用图型来显示结果，第一步是选择你的 DGL 项目来（用来显示图型），首先察看 DGL 中的项目列表如图 1.9 所示，注意符号指向设计（5）、（6）、（7）这此设计被选出用于显示图型，你想显示你刚输入的那个设计，所以你必须重新选择所有其他项目。移动光标到设计栏目内，然后用[TAB]键选择或重选用来显示图型的设计。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 用[UP]/[DOWN]键移到项目（5）按[TAB]键重选此设计。

注意项目（5）上的箭头消失，对（6）、（7）重复这过程。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 用[上][下]键把光标移到（6）

按[TAB]键重选设计

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 用[上][下]键把光标移到（7）

按[TAB]键重选设计，现在 DGL 列表中将设有了指示箭头，如果你试着生成图，将看到空格子，现在选择你的设计生成图型。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 用[上][下]光标移到项目（4）按[TAB]键选择设计。1 个指示箭头出现在项目（4）的旁边，这是 DGL 项目列表中唯一的箭头，现在，用[F1]来生成，On-Axis 响应图。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[F1]键。]

你将看到图型 1（轴线上的 SPL 响应）如图 1.10，此图显示在后选那此项目所在位置，这图仅显示数量数据，还有相位信息在此图中是可用的，但现在没显示相位曲线，现在可显示相位曲线。

下一步按[ESC]键两次

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》按[S]键

你现在处于系统图型菜单，图型曲线命令允许你选择显示在每个图上的数据信息，选择图型曲线命令。

下一步进入 System Configuration Menu.....Select Command 按[G]键

程序显示 LEAP 中的十九重可用曲线类型的列表如图 1.11 所示，每个图型类型后有两个方括号内的标签，你可使用每个或两个标签在图中，在图 1 中，只有 1 个标签是高亮的，显示那图，只显示 1 个曲线，你想看到数量曲线和相位曲线，所以你也要选中第二个标签，[SPL a/0]。

下一步进入[]Select Graph.....[TAB]Toggle Curves.....[ESC]Exit 用[上][下]键把光标移至[F1]按[TAB]键，直到两个光标

同时高亮。为察看图型，你必须回到主菜单，按[ESC]键，现在重现图 1 来察看相位曲线。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》按[F1]键，包含相位曲线的图型 1 出现如图 1.12 所示，提示，察看图的时候，可按与别的类型图相关功能键来看图，不必回主菜单。

下一步按[F2]键，程序显示出功率响应曲线和相位曲线。

下一步按[F4]键，这个图导入阻抗和相位曲线（此阻抗包括分频器）有十九个不同图型，每个包括两程数据曲线，1-10 种用[F1]到[F10]调出，11-19 用[CTRL+[F1]——[CTRL+[F9]调出。

通常，LEAP 会算出合适的尺度来显示图型，但也有系统控制参数可调节器节尺变，更多信息，可看参考手册第 7 章（系统图型菜单内的系统控制参数 SCP）。

注意图中的两条黄色垂直线，这是光标，可用[LEFT]和[RIGHT]光标键移动（沿曲线），在图的顶部，可看到 1 个红色的题目栏，它给出有关光标的详细内容，光标可沿曲线移到任意点来显示那点其余的详细信息，光标通常给予出绝对值，但也可看相关值，更多信息看参考手册第六章（图型系统）下 DGL 图命令和操作标题。

看着屏幕的顶端，你将看到标题“图型总菜单：DGL 项目显示”，在这下面是设计项目的名字，它的数据曲线正被显示，当同时显示多于 1 个的设计时，每个设计曲线是用不同颜色来表示，因为现在只有 1 个设图，因此只有 1 个颜色。高密度颜色曲线对应高密度刻度出现于左边，低密度颜色曲线对应低密度刻度出现于右边。

如果你用单色系统，曲线和刻度是同样亮度，当察看图时，有时记住哪个图据项目用于建立哪个设计是困难的，方可用信息命令来显示，用于创建每个 DGL 的项目列表，这是一个小的黄色指示出现于用于显示设计的列表旁边，用[上][下]键移动，此指示到你想要的设计列表外。

下一步用[UP]/[DOWN]把光标移到 DGL#4 位置，现在用[I]键来显示有关 DGL 的信息。

下一步按[I]键，看完信息，用[ESC]键回到图型总菜单。

下一步按[ESC]

下一步按[F1]

看图 1，你可看到 SPL 开始于 76.99dB/20Hz，在 200 Hz 外上升到一个较平的水平，因为这设计分析是在 1W，1 米条件下，你可得出此喇叭的灵敏度是 96dB。

此封闭音箱在 60 Hz 有下降了 3dB 的响度，相位响应开始于 20Hz 的+148 度，然后随频率上升降为 0，这是一个二阶高通的普通相位曲线。

注意响应在高频段上升了 3dB，这在许多喇叭上都会发生，这上升值基于许多因素，主要由喇叭的设计来决定，现在回主菜单。

下一步按[ESC]键 2 次，你可回到主菜单，现可进入 1.7 节。

1.7 使用快速音响设计方法

假设你想使你设计的低频响应延申，最普通的办法是用开式音箱直拉反射式，LEAP 程序特别设计了这一相磁解决方法。它使你可改变假想开孔型（直接反射型）音箱的所有物理参数，然后成图。

你知道开孔式音箱产生延申的低频响应，但用多大的开孔来延申频率，LEAP 中的快速音箱设计方法将帮你作出选择，使用这一功能，你必须首先打开多用工具菜单（Utility Took Menu）。

下一步进入<Select Menu Command Operation by key> 按[U]key，多用工具菜单显示如图 1.13 现在打开，快速音箱设计法应用栏。

下一步进入 Utility Took Menu……Select Command 按[Q]键

快速音箱设计方法应用显示如图 1.14 所示，注意新的命令出现于菜单区。第一步应用是选择用于计算的喇叭，使用文件信息项目命令。

下一步进入 Entry Rear Volum[CF]=<5.914964>按[L]键。

程序显示 TSL 列表，从表中选择你的喇叭。

下一步进入[]Select TSL Entry, and Press [∠-`]……[ESC]to Abort

用[上][下]键把光标移到项目（10）

下一步进入[]Select AFL Entry, and Press [∠-`]……[ESC]to Abort

按回车，现在喇叭的相关参数出现在了工作栏的顶部，你现在可选择你需要的 1 个组群。

下一步进入 Enter Rear Volume [CF]=<5.914964>按[A]键，程序显示一个组群列表，选择 1 个高通开孔（Vented High pass）。

下一步进入[]Select Alignment and Press [∠-`]……to Seldct, or [ESC]to Quit 按回车，现在你看到了音箱体积和频率开孔的三种选择，你可用 F1 观看每一组群的响应图。

下一步进入 Entry Rear Volume [CF]=<4.811023>按[F1]，你看到 3 条数据曲线，它们对应了三种不同普通开孔音箱的 SPL 响应，在图的左上部有一个用于曲线的键，按[ESC]回到前面的菜单。

下一步 按[ESC]，你决定用“Quasi Third-Order Buttprworth” alihnment, 记住 Vabr(体积)和（Fbr）振频率，（你可记下这数据或打印出来。）

下一步进 Entry Rear Volume [CF]=<4.811023> 按[ESC]键两次，你可进入 1.8 节了。

1.8 创建一个开孔音箱（直接反射型）

现在你需要用你在 1.7 节中创建的数据（ $V_{abr}=4.8110$, $F_{br}=33.7085$ ）创建一个新的音箱（在 ECL 中）。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》按[E]键。

下一步进入 ECL Menu.....Select Command, 用[上][下]键移光标到项目（15）entry(15)。

下一步进 ECL Menu.....Select Command, 按回车两次。

下一步进入 Enclosure Name:< >输入“4.8 cuft ported at 33.7Hz”及回车。

下一步进入 Model:0=High pass, 1=Band pass, 2=Generic, 3=Infinite, 4=Free air<0>(0=高通, 1=带通, 2=普通, 3、无限障板, 4=自同空气)按回车接受缺损值。

下一步进入 Wiring Method 0=Parallel(并联), 1=series(串联), 2=series/parallel<0>

按回车选择缺损值

下一步进入 Mounting Method 1=Normal(普通), 2=Compond(组合)<1>

按回车选择缺损值

下一步: Rear Occupied Volume (CF)=<0.000000>

输入“4.811023”及回车

下一步 Rear Occupied Volume(CF)=<0.000000>按回车

下一步进入 Rear Internal DEPFH(IN)=<14.324580>

按回车接受计算值

下一步进入 Rear Inttrnal WIDTH-(IN)=<20.258010>按回车接受计算值。

下一步进入 Rear Internal HEIGH(IN)=<28.649150>按回车接受计算值。

下一步进入 Percentage of Vabr Filled by Damping Material=<50.000000>(吸音棉安装方式)按回车接受。

下一步进入 Fiber Gtass Eguiralent Factor of Damping Materid=<1.000000><吸音棉比率>按回车接受。

下一步进入 Number of Ports/Drones in Rear=(0)输入“1”然后回车

当你输入“1”到“Port”区时, 4 个新的区域出现。这此区显示开孔的物理参数, 旁边的一个区“TYPE”是用来选择空气导管还是放射孔的, 你选空气导管, 所以接受缺损值。

下一步进入 Type of port for Rear 0=rent, 1=Drone<0>按回车接受。现在你进入开孔区域, 计算缺损值是障板面积的 10%, 大越 58 平方英寸, 这是一个好的开始点, 所以接受它。

下一步进入 Type of port for Rear 0=rent, 1=Drone<0>按回车接受计算值。

LP (孔管长度) 区显示缺损值为 0.75 英寸, LEAP 边认可这一值。许多音箱用 3/4 英寸的孔径长度对应了障板上 1 个简单开孔厚度, 实际上障板厚度是开孔长度的最小值, 所以你需达到 33.4Hz 的开孔尺寸是多少, LEAP 将在下一步为你决定。现在只需接受缺损值 3/4 英寸。

下一步进入 Lenth of each port (IN)=<0.749999>按回车接受。

在 F0 区有一个大越 58Hz 的计算值, 比你想要的频率高的多, 实际上这是 4.8 平方英尺开 58 平方英寸孔音箱的最高等振频率, 如果你要更高的频率, 要回头增大开孔面积, 你现在可输入你想要的等振 频率, LEAP 将计算出合适的孔径尺寸, 发你按回车时看着孔径长度的变化。

下一步进入 Port/Cabinet Resonance Frequency=<57.980000>输入“33.7085”及回车。LEAP 计算出对应比频率的孔径长度, 如你给出长度, LEAP 边可计算出频率。占用 1 个驱动器, 所以按回车接受“Speaker”区域的缺省值。

下一步进入 Number of Transducers=<1>按回车接受, VC-Baff 区域给出音圈平面到障板平面的距离。

下一步进入 Voice Coil to Baffle Board Distance(in)=<0.000000>输入“6”及回车。

SPK-Prt 区给出喇叭和孔径之间的空间, LEAP 用的缺省值是 1 米或 29.14 英寸, 距离从中心到中心计算, 假设你的孔径中心和喇叭中心相距 16 英寸。

下一步进入 Ave Distomce/Spacing between Spkrs/ports(in)=<39.400000>输入“16”及回车, 最后 (Enc-Enc) 是音箱之间的平均距离, 缺省为 39.4 英寸。

下一步进入 Ave Distance/Spacing between Enclosure (in)=<39.400000>按回车接受。现在按[ESC]结果编辑, 及[ESC]回到主菜单。

下一步进 P0 User:1< >按[ESC]现在完成了这个开孔音箱的参数项目, 你有了一个开孔音箱用于你的喇叭, 下面, 你将建立另一个 DGL 项目用于这个开孔音箱。

1.9 设计实用的开孔音箱

你必须构造一个新的 DGL 项目用于新的音箱, 打开 DGL。

下一步进入<Select Menu Command Operation by key>按[D]键

你最初的设计(封闭音箱)还留在项目(4) COPY 到 DGL 中相邻的未用的项目内你只能改变名称及附在新项目的 ECL, COPY 项目(4)

到项目（8）。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[C]

注意音亮键仍在项目（4）

下一步进入[]Select DGL Entry to Copy FROM Press [∠-`].....[ESC]to Abort 按回车。

下一步进入[]Select DGL Entry to Copy FROM Press [∠-`].....[ESC]to Abort 用[上][下]移光标到项目（8）

下一步按回车，音亮条位于项目（8），这是项目（4）的复制内容（Copy）现在你需要编辑（8）。

提示，你可用跳跃键跳到你选定的项目编辑画面，跳键是一个宏命令键，允许你跳到 TSL，ECL，PNL，AFL 和 DGL 的编辑。用法是按信[CTRL]按栏目记忆符的第 1 个字母，这此键同样适合主菜单和栏目付菜单。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[[^]D]（CTRL+D）键，你需要变“封闭单词为开孔”（在项目 8 的名称区）用（CTRL+BKSPC）复制名称相同部分，不同部分重新打印。

下一步进入 DGL Entry Name=<New S.....>

按[[^]BACK SPACE]十六次。

下一步[BACK SPACE]

下一步输入“Ported”

下一步进入 DGL Entry Name=<New Speaker> New Speaker in ported.....按[[^]BACK SPACE]直到所有缺省题目出现，按回车。

现在名字是“新的开孔音箱，1 瓦/1 米”，你打算用同样的喇叭，所以接受缺省的 TSL 项目（10）。

下一步进入[]Select TSL Entry, and Press [∠-`].....[ESC]to Abort 按回车。

每次编辑 DGL 项目时，LEAP 都会从你分步输入到 TSL，ECL，PNL 和 ADL 中回忆起数据信息。因此如果你在上次用过的资料中改变了数据，这新数据将被用于分析。

现在你需要把封闭音箱项目（14）的项目变成新开孔音箱项目（15）的项目。

下一步进入[]Select Ent Entry, and Press [∠-`].....[ESC]to Abort 用[上][下]键移光标到项目（15）

下一步按回车

这里你已完成了所需的 DGL 项目的改变，回到主菜单。

下一步进入[]Select PNL Entry, and Press [∠-`].....[ESC]to Abort 按[ESC]。

现在你有了关于新音箱的新 DGL 的创建，（你需要分析的音箱）有个跳键允许你马上可进行 DGL 缺省值的重算，它是[[^]R]键（短暂的重新），现在用这跳键。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[[^]R]

进行计算，完成分析时，你可显示设计结果、记住、显示、设计选择是项目（4），你想显示的是项目（8），因你可同时显示 5 种不同的设计，你可同时显示项目（4）和项目（8）以便你能容易的比较封闭音箱和开孔音箱。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 用[上][下]键移光标到项目（8）按[TAB]选出这设计。

第二个箭头将出现在 DGL 项目（8）上，项目（4）和（8）同时被选中，时目出现在你导出的图中，现显示图型 1。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[F1]两个设计同时被列出在右上角，4 条曲线显示在图中如图型 1.15 此图变的混乱而不易理解，你可选择点看响应曲线（数据曲线）用图型曲线命令从 SPC，图中移除相位曲线。

回到主菜单，然后进入系统结构菜单选择相位曲线。

下一步按[ESC]两次。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》按[S]

下一步进入 System Configuration Menu.....Select Command 按[G]

下一步进入[]Select Graph.....用[上][下]键移光标到 graph(1)位置，按住[TAB]键直到第一个标签变亮。

下一步移光标到 graph(F2)按[TAB]直到第一个标签变亮。

下一步移光标到 graph(F4)按[TAB]直到第一个标签变亮。

下一步移光标到 graph([^]F16)按[TAB]直到第一个标签变亮。

下一步移光标到 graph([^]F18)按[TAB]直到第一个标签变亮。

现回主菜单并重新显示图型 1

下一步进入[▼▲]Select Graph.....[TAB]Toggle Curre.....[ESC]Exit 按[ESC]键二次。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》按[F1]你将看到图型 1 如图 1.16，注意只有两条曲线出现只有 SPL dB 曲线显示，这使比较两种音箱变的容易注意，开孔音箱是用虚线划，如是彩色显示则封闭箱为紫色，开孔箱为绿色。

下一不按[F2]功放响应在高频区相同，因为箱体对这里作用很小。

下一步按[[^]F8]阻抗曲线（开孔箱）如图 1.17 显示，显示了相似的两个峰，阻抗最低值位于 34Hz（开孔推动频率），较低的那个阻抗峰位于低于 20Hz 处，图型不显示，如你想看这部分可改变系统网范围来看低于 20Hz 部分，更多信息看参考手册中第 7 章（系统菜单）中的“频率范围选择”，回到主菜单。

下一步按[ESC]两次，你现可进入第 1.10 节。

如你没有 PNL 和 AFL，可直接进入 1.12 节，如有这此调节，你必须完成下的指导。

1.10 编辑一个 PNL Entry

现在你打算创建一个被动网络资料项目，以便在喇叭音圈变开始定向时，除去这此频率（高频），对 15 英寸的喇叭这一频率常出现在 500-600Hz，一个 250Hz 的二阶低通将能很好地解决这上问题，首先你必须选一个未用的 PNL 项目。

下一步进入<Select Menu Command Operation by key>按[P]键，现在你看到 PNL 中的一个列表，如图 1.18，用光标选项目（3）作你的新设计。

下一步进入 PNL Menu.....Select Command 按回车，程序显示 PNL 编辑画面如图 1.19 所示，可按回车选择项目显示，或察看不同项目（用[上、下]键）。

下一步进和[] change Entry.....[↵]Edi.....[ESC]Abort 按回车，PNL 名称将是“2nd Order Low pass at 250Hz”。

下一步进入 PNL Entry Name< >输入“2nd Order Lowpass at 250Hz”及回车。

注意当你按回车时，亮条并没有往下移到下一个区，这是因为 PNL 编辑菜单有一个随机编辑区，你可任意移动，这种方式不能用于其他程序，因为 LEAP 计算输入值，所以这里要连续输入完成。

下一步是输入分频器的元件，PNL 项目用节点系统可虚拟任何的滤波电路。（托普），更多有关频网络信息，看参考手册的第 9 章（PNL DATABASE）中的编辑一个 PNL 项目。

图 1.20 显示了 1 个你将创建的被动网络的图型有三个节点来完成这网络，Vaf1（功放）常用所开始点，所以它总是连结 0 和 1，其余任何节点由用户任意创建。

在新 PNL 项目中的前两个区总被冠以 Caf1 和 Zec1，这些区域对应从假想功放输出的电压 AFL（vaf1），它驱动喇叭凌晨箱组合的负载电阻（Zec1），现在跳过这两个区输入你的分频网的元件名。

下一步进入 PNL Entry Name=<2nd Order> 按[DOWN]（D）三次。

下一步，Component Name（R/L/C/KRM/KXM/ERM/Exm/DGL）=< >输入“L1”及回车。

下一步按[DOWN]1 次

下一步输入“C1”及回车

现在标出电容器，第 1 端连上节点 2，第二端连上节点 0。

下一步按[RLGHT]（>）1 次

下一步进入 Enter Node 1 Connection=< >0>输入“2”及[RIGHT]（>）1 次

下一步 Enter 2nd Node connection=< >0>按[UP]（▲）1 次，现在标出电感节点（L1）

下一步进入 Enter 2nd Node Connection=< >0>输入“2”及按[LEFT]（<）1 次。

下一步输入“1”及按[UP]1 次。现在标出电感第一端到节点 2 点上另一端到节点 1。

下一步进入 Enter 1st Node Connection=<0>输入“2”及按[LEFT]（<）1 次。Zec1 第二端已接地（Node 0），所以离开它即可。

下一步进入 Enter 2nd Node Connection=< >0>按[RIGHT]（>）1 次最后输入负载电阻、电容量、电感量。

下一步进入 Enter ECL Dummy Load Impedance（Ohms）=<8.000000> 按[DOWN]（▼）1 次。

下一步 Enter Component Value=<0.000000>输入“10”及[DOWN]1 次。

下一步 Enter Component Value=<0.000000>输入“39”及回车。

PNL 项目已完成，可重新检查一次，完成后，你要显示 1 个流览图来反映那个转变功能（分频器），是否满足你的要求。当你流览这图时，程序将检查这分频器的布置，是否有元件处于开路状态，如有错误，程序将显示错误信息，按[F1]显示这图。

下一步进入 Enter ECL Dummy Load Impedance（Ohms）=<8.000000>

按[F1]

你现在看到了你的分频器转化功能的图型如图 1.22 可看到曲线在 250Hz 上、下降 6dB 正是你想要的。

提示，此图型计算是假定负载为电阻，当用于实际时转换功能会改变，1 个解决办法是用双元件电阻，详细看参考手册 14 章的（等网络设计）。

现在你需把 PNL 粘贴到你的设计，回到 PNL 操作菜单。

下一步按[ESC]两次

现在你可到 PNL 项目（3）（你刚编的），从这个菜单你可用[↵]跳到你最后编过的 DGL 菜单。

下一步进入 PNL Menu.....Select Command 按[↵]

回到 DGL 现在逐个通过项目并改变粘贴到上面的 PNL。

下一步进入 DGL Entry Name=<New Speaker>按回车 3 次。

你可见到 1 个 PNL 项目列表，选择你的新分频器的项目（3）。

下一步进入[]Sele PNL Entry, and Press [↵].....[ESC]to Abort

按[DOWN]两次

下一步按回车

下一步按[ESC]

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[[^]R]

你已连结了一个分频器到 DGL 项目 8 的倒相音箱上并计算了这一设计，现在做同样工作对你的封闭音箱。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command

按[UP] (△) 4 次。

DGL 项目 (4) 将亮

下一步按回车 5 次

你将看到 1 个 PNL 项目列表，选择你的新分频项目 (3)

下一步进入[] Select PNL Entry, and Press [∠-`].....[ESC] to Abort

按[DOWN] (▼) 两次。

下一步按[ENTER]

下一步按[ESC]

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按[[^]R] (CTRL+R)

你的两种设计都有了分频网络，他们的图型将反映出变化显示图 1 来看坐标 SPL 响应的变化。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》

按[F1]

图型 1 如图 1. 23 注意中部 (100H2) 增大的输出水平，这是喇叭在音箱中的反应特性，矫正这情况，你可增加 1 至多个等网络来打平加载电阻（如分频网上看到的）这技术在本书后面有详述。

显示图型 16 来察看 PNL 转换功能。

下一步按[[^]F6]

你可看到图型 16 如图 1. 24，它显示分频器的转换功能，包括音箱的相关作用，这是一个简单的从分频器转入端分出来到输出端的电压，这图型让你知道哪些地方是否需要分频器进行修正，如共轭，共多信息看参考手册第 6 章（图形系统）中图形描述。

显示图型 4 察看网络输入电阻

下一步按[F4]

这是分频网络的输入电阻图示，如图 1. 25，它包括分频网和喇叭组合。

下一步按[[^]F]

这是分频网络的输出端阻抗，如图 1. 26，它只是喇叭阻抗。

回到主菜单

下一步按[ESC]两次

你现可进入 1. 11 节

1. 11 编辑 1 个主动分频项目

现在你打算用倒相孔音箱，但你想确定此喇叭在极限状况下的特征，显示喇叭偏移图型。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》

按[F3]key

图 3 (Transducer Excursion) 显示倒相音箱当喇叭阻抗峰处低频曲线的增大极限，这种情况低于 25H2，也许最简单的办法是用一个普通滤皮来降低低频能量。]

下一步按[ESC]

用一个主动滤波器，创建 1 个 4 阶的普通滤波 (25H2)，首先，你要选 1 个未使用的 AFL 项目。

下一步进入《Select Menu Command Operation by key》

按[A]

现在你看到一个 AFL 项目的列表，如图 1. 28，选择项目工作为新设计。

下一步进入 AFL Menu.....Select Command 移动光标到项目 (2)。

下一步按回车，

程充显示 AFL 编辑画面如图 1. 29

下一步进入[▼▲]change Entry..... [∠-`]Edit [ESC] Abort

按回车

AFL 项目的名称是 4 阶普通滤波 25H2

下一步进入 AFL Entry Name=< > 输入“4th Order Highpass at 25H2”及回车。

下一步按[DOWN]键 1 次

AFL 有 16 种滤波转换共选择，创造 4 阶滤波的最好方法是用 2 个 2 阶滤波，AFL 中每个元件都是串联的选择 1 个滤波，光标移到第一柱区的第 1 小区。

下一步进入 Use [pgup][pgdn] to select parameter, rang 0.....15:<0> 按着 [pgup] 直到 “HPF2” filter 被选中然后按 [DOWN] (▲) 1 次。

下一步按着 [pgup] 键直到 “HPF2” filter 被选中，然后按 [RIGHT] (>) 次。

输入一个频率，这频率是你希望滤波器地应 3dB 的下降。

下一步进入 Enter Freq/Delay/Phase Value=<0.000000> 输入 “25” 然后按 [RIGHT] 1 次。

现输入 “1.307” 然后按回车。

用 F1 你可显示一个流览图型，它显示你所期待的变化。

下一步进入 Enter Freq/Delay/Phase Value=<0.000000>

按 [F1]

你现在看到 1 个图，显示出分频器转换功能，如图 1.30 它在 25Hz 时下降 6dB。

现在把这 AFL 粘贴到你的设计，回到 AFL 操作菜单。

下一步按 [ESC] 两次

现在你看到了 AFL 项目 (2)，回主菜单然后打开 DGL 操作菜单，选择你的倒相音箱设计项目 (8)，把新 AFL 项目 (2) 粘贴上。

下一步进入 AFL Menu.....Select Command

按 [ESC]

下一步进入 《Select Menu Command Operation by key》

按 [ESC]

下一步进入 《Select Menu Command Operation by key》

按 [D]

下一步进入 DGL Menu.....Select Command

按 [DOWN] (↓) 4 次

下一步 DGL Menu.....Select Command

按回车 6 次

你会看到一个 AFL 项目列表，选出你的新主动滤项目 (2)

下一步进入 [] Select PNL Entry, and Press [↵].....[ESC] to Abort

按 [DOWN] (V) 1 次

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按 [R]

你的倒相孔音箱有 1 个附带的主动分频器，用来降低低频转换曲线的变曲。

下一步进入 DGL Menu.....Select Command 按 [F3]

如图 1.31，图 3 显示了低频的响应曲线已降低到一个合理水平。

实际曲线值似乎很小，但这是 1 瓦时的图型，如果是加大功率，这值将会很大。

现在显示图 1，

下一步按 [F1]

如图 1.32，图 1 显示出 SPL 曲线在 25Hz 没有变化显示图 17。

按 [F7]

如图 1.33，图 17 它包含了与看面编辑 AFL 所流览看到的形状相同。

回到主菜单

按 [ESC] 两次

你现可进入 1.12 节。

1.12 存贮资料库

现在你已完成了设计，想把这些改变存进你的资料库，如果不存，资料库将回复到初始状态，LEAP 可以保留资料库改变的记录，当你变开程序时，你将被提示是否保留改变。

如你计划继续工作，但想存上你的改变，你可以用 Library Status Command (资料库状况命令) 这个命令可在主菜单下运行。

下一步进入 《Select Menu Command Operation by key》

按 [L]

如图 1.34，程序显示工作区中资料库的当前状态，在状态栏，单词 “UPDATE” 出现在资料库，这反映出有 5 条资料自装载的被编辑过，在工作区低部是状态摘要，它显示 “5 条信息自最后贮存式装载后被修改了” 现你可以按 [Y] 回答命令栏问题的办法存贮这些改变到资料库中。

下一步进入 DO you Wish to Updato/Sare Libaray(S) to Disk.....[y/N]

按[Y]

程序已存贮了你做的所有改变，如果你想存上 1 个个别的资料，你必须在资料库文件管理中进行。

这就完成了 LEAP 的指导。

第二章:TSL 例子

2.1 引言

这一章将详细论述应用于 LEAP 模拟的（换能器）的电子和机械特征数据项目的论证。

有两种换能器可用于 LEAP 中，它们是喇叭和发生器，喇叭换能器有一个完整的参数系统，发生器是用来模拟的另一类换能器，例如用于高音。

为了论证数据输入时迁到的问题及解决的方法，将用上生产厂家的数据单。多数情况下，生产厂家的资料是不完整和不精确的，程序将补充数据和检测数据，但某些情况下，用户将被迫依靠通常的感觉、经验，某种特殊情况下，用猜测来完成工作。

一个更精确的方法是得到一个换能器样本，你自己测量它来建立一个模型。必要的计算很容易完成，如果按相应的指导细心的工作，可得出很精确的结果。这个方法需计算喇叭在自由空气环境的阻抗，然后增加一个已知质量或一个已知空气体积重新计算阻抗，这两条阻抗频率曲线（已知 $\Delta mass$ 对已知 Δ 依赖曲线）被输入到 LEAP 中，程序会根据此数据自动计算参数，LEAP 将输入从实验系统计算出的阻抗曲线例如 LMS（喇叭测算系统）或 DMS（失真测算系统），ATL 和 MLSSA, TEF, System one, 或任何其他分析工具，它们将通过相位信息产生阻抗曲线。参考手册 14 章（应用菜单）中 14.5 节给出了用输入阻抗曲线推算喇叭参数的完整说明。

1. 21 号喇叭换能器

这个例子包含一些英制单位，但 LEAP 要求公制单位，而且 BL 值（力学因数）无单位，有许多普通的问题发生厂家提出生厂家提供的原始换能器的数据，下面是 1 个 12 寸低音喇叭的参数。

灵敏度	89dB-1W/1M
常态阻抗	8 Ohms
音圈电阻	7.20hms
音圈电感	1.01mH
振动半径	10thches
bL（力学因数）	9.75
Vas(等效体积)	7cm ft
Fo(共振频率)	24.8Hz
Qms(机械 Q 值)	2.816
Qes(电性 Q 值)	0.424
Qts(总 Q 值)	0.368
Pmx(最大功率)	150Watts
X(偏移量)	0.36inchs

名称，阻抗电阻参数（名，常态阻抗，音圈电阻）

从选择一个未使用的 TSL 项目并命名为“Speaker Transducer #1”开始输入阻抗和音圈电阻依靠频率的样品参数（Krm, kxm, Erm, Exm）下面 4 个区用来描述基于喇叭驱动器行为的频率，大多数厂家不提供对应于这些参数的信息，因为，直到最近喇叭驱动器还应假设成在所有频率上有相同运行行为的模型。但实际上，在不同频率上，音圈的阻抗和电感有不同的变化，这种变化对用 LEAP 设计分频网络非常重要，有关这些参数的更多信息，看参考手册第 5 章模型描述中的“高频率的换能器阻抗模型”

对这一论证，假定此换能器是以直线排列用于音筒中模型，记住这一点，你右以把频率依赖模型变得非常简单，因为它忽略了频率变化。这可用建立下面的参数来实现。

Krm	0.0000
Kxm(Levc)	1.01mH
Erm	1.0000
Exm	1.0000

有效振动范围

描述的有效振动半径是 10 英寸，但 LEAP 要求有效振动面积（平方米），必须变径为米制单位的平方米面积， $a = \pi R^2$ 面积 78.5 平方英寸=0.0506 平方米。

有关公式和换算，请看参考手册第 19 章（复杂情况）

力学因数（BL）

BL（力学因数）参数是磁场强度与音圈长度的比值，厂家提供了一个无单位的 BL 参数，所以这可自动接受，现在假设它用特斯拉米。输入 BL（9.75M）

等效体积

Vas(体积—声学共振)是换能器的机械依赖性的表现,这值提供了一个体积,(平方英尺),但 LEAP 用升来表示,所以要换算成升,
>cuft=198.8 升。

提示 Cms(声顺——机械系统)是与 Vas 相同的物,现参数只是表现同一事物的不同方法,Vac 是与换能器共振系统弹性相同的那个体积。

机械声顺性(Cms)

下一个参数是 Cms(声顺——机械系统),这被从 Vas 自动算出。

质量和共振频率(Mms,Mmd,Fi,Fo)

厂家不提供 Mms 参数(包括空气负载数的振动质量),Mmd(机械振膜质量)和 Fi(无限障板共振频率)所以,移到下面你有的参数,输入 Fo 值(自由空气共振频率)是 24.8Hz,程序可从 Fo 自动算出 Mms Mmd 和 Fi

Q Values(Qms,Qes,Qts) Q 值

输入 Qms 值(机械系统 Q 值)为 2.816 输入 Qes(电气系统 Q 值)为 0.424.

注意当输入 Qes 时,程序会计算 BL,这两个值是直接相关的,现在提示你两个 BL 有一个不是正确的,因此,你要检测与 BL 和 Qes 相关的第三个参数,灵敏度被 BL 直接影响,所以用它来决定哪个 BL 值是正确的(9.75TM 或 14.3TM),灵敏度变为 89dB/1 瓦/1 米,LEAP 程序计算出灵敏度为 90.16dB(高出原先 1.16dB)(当 BL 为 14.3TM 时),如代入 BL=9.75TM,则灵敏度算出为 86.19dB(比原先低 2.06dB),所以,BL=14.3TM 更接近了厂家的特征参数。

下一个区是 Qts(总 Q 值)这个值是 Qms 和 Qes 之比,在这例子中,厂家已给出了正确的 Qms,Qes,Qts 如果不是这样,LEAP 将能通过相关参数的计算得出结果输入 Qts=0.368。

最大功率(Pmx)

Pmx 是 PLEP 来决定换能器将损坏的功率上限,程序假定在这个功率上,音圈温变上升为 250 摄氏度,这个温升,环氧树脂开始融化。输入 Pmx=150W.

音圈尺度(Hvc,Hag,Xmx)

下两个区域 HVC(音圈高度)和 Hag(空气隙高度)是 LEAP 需创建一个 BL 产生的非线性模型所需要描述的物理参数,提供的数据没有包含这些值,所以你必须用计算的方法来填充这一区域。

Xmx(最大偏移)被提供,所以你可以用这一信息来推断 Hvc 和 Hag,另 1 个方法是联系厂家或打开音圈口装置,用卡钳测量,最大偏移的公式是 $Xmx=(Hvc-Hag)/2$

$Xmx=0.36$ 英寸,= $9.144mm$ 所以 $18.288mm=Hvc-Hag$,Hag 的高度往往等同于磁铁装置顶端平面的高度,所以可以从外音测量 Hag 数值,如图 2.1,例如顶平面为 7mm,Hag=7mm,代入公式, $18.288mm=Hvc-7mm$,则 $Hvc=25.088mm$ 输入 Hvc(25.288mm),Hag(7mm)及 Xmx(9.144mm)

非线性声顺模型参数(Cmx,Cmo)

Cmx(声顺的线性破裂点)是一个点,在这里,声顺因换能器的漂移而开始下降,程序假定这一点相同于 Xmx 的发生点,Cmo(非线性声顺因数)描述了声顺的非线变化幅度。计算这类参数是相当复杂和费时间的,但它们可计算出来,但在每种情况下,它们可不用修改照原样使用。

音圈热阻抗(QVC)

QVC(音圈对于空气的热阻抗)可以 PMX 给出的数值计算出,假设最高操作温度 250 摄氏度,用公式:

$250/PMX$, Transducer#1 的工作。]

如图 2.2 所示一个 TSL 完整项目和图 2.3 一个喇叭的自由空气的阻抗响度曲线图。

1.3 2号喇叭换能器

现在,怎样(改变某些信息后)工作?下例中将告诉你厂家只给出最基本的参数,而你又没有 1 个样品,下列是参数:

阻抗	8 Ω
音圈电阻(直流)	6.8 Ω
Vas(体积)	360 升
F0(共振)	30Hz
Qts(总 Q 值)	0.200
PMX(最大功率)	150W

尽管参数不全,但也足够用于参数输入了,找另一个未用的 TSL 项目并命名之“Speaker Trans ducer#2”

阻抗和电阻(znom,Revc)依靠频率的输入模型参数 6.8 Ω (krm,kxm,Erm,Exm)如例 1 中你没有这些参数,大多数 8 Ω 喇叭的电感近似值为 1mH,现假设喇叭电感为 1mH,而且,你需要建立一个随频率线性上升的电阻参数,输入 Krm(0),Rxm(1),Erm(1),Exm(1)。

有效振动半径(sd)下面是标准喇叭直径对应面积:

18 寸	0.1300M ²
15 寸	0.0890M ²

12 寸	0.0530M ²
10 寸	0.0330M ²
8 寸	0.0220M ²
6.5 寸	0.0105M ²
6 寸	0.0125M ²
5.25 寸	0.0089M ²
4.5 寸	0.10055M ²
3 寸	0.0038M ²

现输入 15 寸的 0.089 M² 力学因数 (BL)，没给出，可跳过这里，(程序会在后边计算出)。

等效声学体积 (Vas)，输入 360 升。

机械声顺，程序从 Vas 已算出这值，按回车接受。

振动质量和共振频率 (Mms, Mmd, Fi, Fo) 厂家没给出 Mms, Mmd 和 Fi，可跳过直接输入 FO，则程序列从 FO 可算出 Mms, Mmd 和 Fi。

Q 值 (Qms, Qes, Qts) (机械 Q 值，电性 Q 值，总 Q 值)。

只提供了总 Q 值，呼所有喇叭都用铝的骨架来做音圈，它可降低质量，也可散热。某此高质量，昂贵的喇叭用其他材料，比如有机玻璃质，对于有机玻璃 (Fiberglass)，Qms 是 8，铝的是 2，这里，假设是铝的为 2，大多数情况下，Qes (电性 Q 值) 将比 Qts (总 Q 值) 大 10%，所以 Qes=0.22。

输入 Qes=0.22

按回车接受 Qts 计算值，你可看出被估算的 Qts=0.198，很近于厂家值，这说明估算很实际，而且注意 BL 值已被算过，因此，Qes 和 Vas 是可用的。

最大功率 (PMX)

输入 150 (W)

音圈尺变 (Hvc, Hag, Xmx)

厂家没提供这些，如你想不用这些参数而作分析，LEAP 将出示下列错误提示。

1065-ERROR/TSL Non-Linear BL:

Hag, Hvc must be set

(1065 错误，TSL 非线性，BL 分析，必建立 Hag 和 Hvc 被设为了零。这两个参数必须被建立来预报，当音圈称出空气隙和曲线增加时 BL 的改变。

你可以用系统控制参数关闭非线性 BL 模型，不知这空气隙及音圈高度，你的推算民主党不如不用的好，但当程序假定在任何功率上音圈运行力保持不变，喇叭的声学输出看起来好像是永远增加的，所以如果你要分析全功率下的喇叭，最好要做估算工作。

输入 Hvc 12mm, Hag 6mm, 程序自动算出 Xmx=(Hvc-Hag)/2=3mm.

非线性声顺模型参数，(Cmx, cmo)

Cmx (线性声顺的破裂点)，是一点，在这点，由于换能器飘移引起声顺下降，程序假定这一点相同于换能器的最大飘移位置，Cmo (非线性声顺因数) 描述了声顺的非线性变化程变。

音圈热阻抗。

最后参数量 Qvc (音圈对于空气的热阻抗)，这是用 PMX 值 (最大功率) 和假定的音圈最高温度来计算公式为 250/PMX，LEAP 已计出了此值，按回车接受。

以上是 2 号喇叭的操作，图 2.4 反映了完整的 TSL 项目，图 2.5 是喇叭的自由空气阻抗响度图。

2.4 创建一个通用压电高音的模型

通用换能器，当你只有 SPL 响应曲线时，一个发生换能器可被应用，地高音的情况，它不易被数学建模，用从测算系统输入数据的办法创建一个模型是唯一的替代办法。正确的筛选特性参数使你可近似得出一个驱动器的 SPL 响应值。

如果你有一个测算系统，它产生出文件，被 LEAP 程序输入 (例如 LMS, PMS, TEF, 或者 MLSSA)，你将不需要这一技术，你可用输入计算数据的办法产生出更精确的结果，然而通用换能器将是一个很实用的工具，(对于没有数据输入的情况)。

通用换能器高音：

这节将论述应用厂家数据单分明建一个通用换能器高音，这高音是电容为 0.1uF 的压电高音 SPL 曲线如图 2.5 所示。这 SPL 曲线是在 1 米距离 2.83Vrms 下得出的。

创建 1 个 TSL (单元资料库)

第一步选 1 个未应用的 TSL 项目，名称你的 TSL 项目为 “Generic Piezo Tweeter” (压电高音)。

下一条区是 “类型” 区，有如下选择：

0=喇叭 低音或中音，你有它的电性及机械参数。

1=通用换能器，低、中、高音，你没有电性及机械参数。

2=带式 带式高音。

3=Piezo 压电，压电高音。

你输入了，程序将显示出进入这模型所需的参数。

第 1 个参数是 Sd，辐射单元的面积，程序需要这一参数来计算功率响应和漂移你可用号角口面积。如要分析漂移，你要用振动面积，这里号角是一个 4.75 寸宽 1.7 寸高的矩形，输入 8.075 平方英寸。

SPL0 是 SPL 值在相关电压 (Vref) 的情况，看图 2.6，在可用的频率范围内基本的 SPL 是 99dB。

Vref 是一个参考电压，用来创建 SPL 响应曲线，输入 2.83 伏。

CP 区描述了压电单元的电容值，输入 0.1uf 最后，XC 是压电单元在 20KH2 时的电抗这个值由 LEAP 通过 CP 计算得出。

图 2.7 显示了完整的压电单元的 TSL 项目，创建 1 个 ECL (音箱资料库)

现在，你可以创建一个你的通用高音音箱所有设计都带有箱体，但通用音箱没有体积，没有孔管，也没有对 SPL 响应的影响，它允许使用串联，并联的多重单元，并且要考虑由驱动面到障板的距离引起的相位漂移。

选 1 个未应用的 ECL 项目并命名之“Generic Piezo Enclosure”(通用压电音箱)。

在“Model”区(类型区)选 2 (因是通用音箱)。

下一个区“Wiring”(连线方式)选 Parallel<0>Transducer”换能器区要选“1”。

对于这个音箱，“Vc-Baff”区，保留缺省值(0)。

这是 1 个音箱所需要的参数，图 2.8 显示了完整的通用型 ECL 项目曲线。

创建 1 个 DGL (设计图型资料)

现在你有了产生 SPL 高音响应图的基本框架资料。你必须显示出，通用设计的 SPL 图型，以便进入正确的滤波菜单。按[F1]显示声学坐标响应图形。如图 2.10 所示，你看到一条通过 99dB 的直线。

打印 SPL 响应图用后有尺度，是困难的，因 LEAP 尺度和打印尺度的换算是很复杂，简音的解决办法是创建频率范围和刻度范围，(对应厂家提供的图形)。

厂家提供的图形，范围是 10H——40KH2，很重要的说明这高音高 20KH2，如频率没有建成 10H2——40KH2 要进入系统描述菜单并用频率范围命令建立之。

厂家图形的 dB 刻度是 10dB1 格，进入系统控制参数列表并改变 SCP#2 (dB 刻度放大率) 为 10dB。

现在，你做出的 SPL 响应的修改将直接反映与打印图上。

左上部[F]ilter 可进入，按[F]打开滤波菜单。左上角出现滤波器列表，现没有选出滤波，可用来调平通用换能器及音箱的 SPL 曲线，你应尽量调这曲线逼近于厂家提供曲线。

用在了 900H2 增加高度、通开始调平工作。在这频率上 SPL 功能每个倍频下降 24dB，所以你需要一个 4 阶滤波，创建这滤波你需 2 个 2 阶普通 (它们有能产生平滑线的 Q 值)。

高亮的滤波项目 (1) 用[UP]和[HOME]键，然后按[ALT5]指定 1 个 2 阶高通滤波功能到滤波项目，字母 HPFZ 出现在滤波项目 (1)，按回车编辑滤波参数，进入输入频率底限“Enter Frequency Fo(H2)”出现在画面上部，输入 3900H2 作为 F0，按回车进入“Enter Q Value for Filter”，给出这滤波的 Q=0.54 变成“Enter Amplitude Gain Value for Filter”(输入滤波振幅调节值)这可使你增加 1 个滤波正负调节能力按回车接受缺省 (0) (增益)。

现在移高亮到滤波项目 (2) 创建 4 阶滤波的另一半，这一半也有 F0=3900H2，但 Q 将是 1.307 增益仍是 0，完成这输入后，用[R]edraw New Curve 命名察看频响结果，将出现如图 2.11 那样。

带通均衡功能表现为象 1 个可变 Q 值的均衡器，用[SLT9]键增加 1 个带通均衡功能到项目 (3)，(在 4200H2Q=3.0 增益为 S、0)，当你重画这图时，可见它离开后来地方，(曲线)，你需要让程序重设格子，以便可见曲线整体，按[ESC]关闭滤波菜单，然后[F1]重设新曲线尺度，按[F]重新打开滤波菜单，如图 2.12 要降低打印图中高频曲线，你需要一个非常高 Q 值的截止滤波器。用一个 32KH2 Q=60 增益为-4.0 的 EQ，图 2.13 所示新曲线。

这新曲线显示在 22KH2 处有个低 Q 的频率截止，这需要调整增加 1 个 22.5KH2, Q=5.0 增益为 9.0 的带通 EQ 滤波，如图 2.14 所示。

现增加一些细节在 4KH2-20KH2 上，首先增加一个 6500H2, Q=9.0，增益为-7 的带通滤波，下一步用 1 个 12.5KH2 Q=9，增益-4 的带通滤波，最后增加 1 个 14KH2 Q=9.0 增益 4 的带通如图 2.15 你已创建了一个外形象厂家曲线的 SPL 曲线。

2.5 创建一个普通喇叭

通用换能器

当你只有 1 个 SPL 响应曲线时，1 个普通的换能器的可用的，当你的参数不完整，用从计算系统输入数据的办法是创建普通喇叭的替代方法。正确的滤波特征允许你估计驱动器的 SPL 响应。

如果你有一个计算系统，它可运行由 LEAP 程序 (如 LMS, DMS, TEF 或 MLSSA) 输入的文件，你将不需要这一估算技巧，，你可以从输入数据获得更精确的结果，但通用型喇叭将是一个非常实用工具，特别是无法输入计算值时。

通用喇叭

这一节将描述应用厂家的数据表创建一个通用型的喇叭，这喇叭是 4 寸中音，

8Ω 响应曲线如图 (SPL) 2.16, SPL 由 $V=2.83V$, 1 瓦/1 米状态得出音圈阻 6.0Ω, 最大 30W。

建立一个 TSL

第一步, 选出一个来占用的 TSL 项目, 命名为“通用中音喇叭, Generic Midbange Speaker”。

下一区是“类型”区 “model”

0=Speaker 有电气、机械参数

1=Generic 无参数

2=Ribbon 带式高音

3=Piezo 压电高音

选“1”程序显示了这类型驱动器所必须参数的建立。

第 1 个参数, 为阻抗分别输入 8Ω, 6Ω (Revc)。

下面 4 个区是基于驱动参数的频率特征, 它变化对建立电阻上升模型非常重要。LEAP 需要非常准确的阻抗, 以便分析此扬声器与增加的高音的组合特性。

打开 Utilities Menu(应用菜单)中的 Motor Constants Calculaton(驱动器恒定计算)。

这计算工具将给你提供 K_{rm} , K_{xm} , E_{rm} 和 E_{xm} . 你输入在上升的曲线上的两个点上的阻抗和相位信息即可计算, 看图 2.17 (厂家阻抗曲线) 你必须找出两个频点 (它们要高于共振峰点) 并易读, 如 2KHz 和 20KHz

	LO Data Point	Hi Data Point
频率	2000Hz	20000Hz
阻抗	8Ω	20Ω
相位	20度	45度

输入, 这两组数据后你必须输入 R_{erc} (6.0Ω) 在 DC 音圈电阻区, 在 Resulting Motor Constants box 驱动结果值区显示了通用中音喇叭在 TSL 中所需的数值。

打下或打印 (用 “Print Data 命令” K_{rm} K_{xm} , E_{rm} E_{xm} 值, 并回到 TSL 项目, 在 SPL 项目中输入这此数字。

K_{rm} : 0.600MΩ E_{rm} : 0.830

K_{xm} : 1.837MH E_{xm} : 0.774

输入 P_{max} (30G) 然后按回车接受计算值 QVC (8.3333 摄氏度)

S_d 是辐射声源面积, LEAP 需这数来计算功率响应。4 寸为 $S_d=0.0050m^2$ S_{pL0} 是 SPL 在参考电压下的状况, 看图 2.16 平均的 SPL 在可用频率范围 (800Hz-10KHz) 是 99dB。

V_{ref} 是创造 SPL 的参考电压输入 2.83V, F_0 是共振频率 (自由空气), 可从 SPL 图中找, 为 135Hz Z_0 是共振峰处的阻抗为 25Ω。

最后是 Q。这是共振峰处的 Q 值, 它等同于 QMS (机械 Q 值), 你可用实验, 排除法得出这值, 图 2.19 显示了喇叭用 $Q=3$ 的自由空气阻抗模拟图型, 这同厂家提供的曲线 (图 2.17) 很近似, 输入 $Q_0=3$ 。

图 2.20 显示了完整的通用型喇叭的 SPL 项目。

创造 1 个 ECL。

现在, 你需要创建一个通用喇叭音箱, 所有设计都必须附有一个箱体只通用型音箱无体积和调节也没有任何对 SPL 的作用, 然而, 它允许串联才并联的多个喇叭, 也考虑了从音膜到面板的相位差。

选一个未被占用的 ECL 项目, 命名为“Generic Midrange Enetoure”通用中音箱。

在“Model”栏中选 2, “Wirinb”栏中选“Parall” (0) “Transducer”区选“1”。

设定 VC-Baff 为 1.2 英寸, (障板到音膜距离) 这是音箱所需要的信息, 图 2.21 显示了完整的通用 ECL 项目。

创建一个 DGL

你必须创建一个 DGL 来分析喇叭和箱体的综合体, 当作有了 DGL 便可使用正确的滤波来模拟喇叭的 SPL 响应曲线。

选择一个 DGL 未占和的项目, 命名为“Generic Midrange Desigh”通用中音设计。

对于 FSL 项目, 选择“Generi Midrange Speaker”对于 PNL 项目, 选择指导项目中的项目 (1) “Straight Connection”。

对于 AFL 项目, 选择指导项目中的项目 (10) “NO Filters Flat Rispone” (无滤波, 平直响应 “

“SPL Disthc”区将设成“1”

V_{amp1f} 将设成 2.83V, 程序将计算最后的 3 个参数区, “P/SPKr”, “Ptotal”, “Temp CV”

图 2.22 显示了完整的 DGL 项目, 按 [ESC] 然后按 [R] 运行这设计的分析程序。

增加适合的滤波在 DGL 上

现在, 你已有了模拟喇叭的 SPL 响应所基本需求的参数, 你必须图示出 SPL 的响应, 以便可进入 torrective Filter Menu, (适合滤波菜单), 按 F1 显图, 可看到 99dB 上一条直线如图 2.23。

重设单位刻度, (对应厂家图形)。

厂家的图形为 10Hz-40KHz, 因此如不是 10Hz-40KHz, 就应用 System Configuration Menu (图形描述菜单) 中的频率范围命令建立。

厂家图形为 10dB 一刻度，用 Saystem Contral Parameter 列出或重设 SCP#2 为 10。改变的 SPL 可反映到打印出的图上。

看屏幕画面，在上部有金色亮区和几行命令[F]ilter Menu 0command 可允许进入适合滤波程序，注意黄色线位于“Generic Midrang Design”移动光标，打开[F]ilter Menu.

现在你看到适合滤波列表位于图的左上边，在高亮区你看到一个设定栏空间，它列出了被选出用于这个设计的滤波的项目。

现在没滤波被选中，适合滤波器只是刚建立了一个方块，它可被调节，以提供任何模拟转化功能。在这个例子中，它被用来调节，由通用型音箱所产后的 SPL 的平直影响。你可以尽最大能力调节这曲线的形状以近似于厂家所提供的区线。

首先，加上个 800H2 普通，SPL 功能低于这一频率后，6dB/倍频的下降，所以，你需要 1 阶的元件。普通滤波项目（1），用光标调节，然后按[ALT2]输入 1 个 1 阶普通元件到滤波中，HPF1 出现在了滤波项目（1）中，按回车编辑滤波参数。

进到屏显“Enter Frequency F0(H2)”出示在画面顶部，输入滤波 F0 800H2 按回车时，屏显示器变成“Enter Amplitude Gatn Value for Filter”（输入滤波的增益）这给你增加一个正负增益的能力，按回车按受“0”。

为了使高频段在图上显示下降，你需要 1 个 4 阶低通滤波 18KH2 它应是急据下降的，创建的样特别的滤波，你需要 2 个 2 阶低通元件，它们应刻有近似平直的 Q 值。使滤波项目（2）变成高亮，并按[ALT4 输入一个 2 阶低通到滤波项目中，输入 F0（18KH2）输入 Q=0.597 增益=0。

现移高亮到项目（3）创建另一半 4 阶滤波，F0=18K，但 Q 为 2.103，增益=0，然后用[R]edraw New Cure 命令（重画图命令）察看频率变化结果，如图 2.24。

对许多用户，这曲线已足够模拟中音喇叭的响应。某些用户需更精确的一种。

因此，你可用带通 EQ 滤波来增加细节到响应曲线。

2.6 确定一个高音的偏移

当设计高音时，要注意它向低频偏移，计算一个实际高音的偏移是很困难的，应用 LEAP，只要给出换能器的基本参数便可以予示出所有频率上的偏移。

第一步，创建一个球顶高音在 TSL 的高音项目中。图 2.26 是完整的 TSL 项目。灵敏度和承受功率由驱动装置的设计决定。

图 2.27 示出了高音的综合阻抗响应。

创建完 TSL 项目，你必须创建一个 ECL 项目，在 Transducer fied 设定“1”，最后用 TSL 和 ECL 建立一个 DGL 项目。

如果现在看 SPL 响应，将看到 92dB 处的直线。

模仿 SPL 响应，用 F1 打开（Corrective fitter Menu, 用 1 个 2 阶普通 Q=0.707，2KH2，重画曲线（[R]edraw）可看到 1 个逼近直线的曲线。

图 2.29 显示了高音在 1W，5W 及 30W 的偏移水平，30 时在低于 1KH2 时达到顶峰。

为了控制高音的偏移，使必须降低功放到达马达驱动器的低频功率，图 2.30 及 2.31 反映了带有 2KH21 阶滤波普通的 SPL 响应曲线和偏移水平。

最大的偏移正好低于分频点，这说明可用设置普通分频器的办法有效低低高音的偏移，如果你要保持 2KH2 的分频点，你必须用 1 个高阶的滤波来增加比率的冲淡。

图 2.32 和 2.33 显示了 2 阶滤波（2KH2）的 SPL 响应和偏移曲线。

注意偏移图的刻度变了（无源型）

2.7 确定超低音喇叭参数

设计时需要用 1 个低音单元，有时很难确定超低音的参数，这节将描述用 1 个 TSL 项目来计算超低音喇叭的参数。

用 Quicd Cabinet Utility(快速音箱应用)来确定体积和倒相频率，用“指导”TSL 中的项目#5（TAD TL-1603）生成箱体参数（一个普通直线超低音）Quick Cabinet 创 3 个基本箱体，图 2.34 显示了计值，图 2.35 显示了 Quick Cabinet 察看图形。

对这一例子，用 Cheby Shev tuning, 写下或打印出框中的“cheby sher”的值。现在，你知道了，喇叭所需的体积和倒相频纺。

现在你知道了体积及倒相频率，但音箱项目需输入共振频率，这可用手工算出，但 LEAP 提供了一个计算方法。超低音是 1 个无“motor”的喇叭，即你可用，跨越计算功能（TSL 项目的特征）来计算低音共振。

打开 1 个未被占用的 TSL 项目并命名为“Dront Parameters”，model 区设为“0”参数的第一栏为喇叭电性，可略过这里。

典型情况下，超低音同于音箱喇叭，你的喇叭是 15 寸，所以输入 0.089sd 面积，BL 是电性参数，跳到 Vas，由快速音箱设计得出的体积，平方英寸要换算成升。Vas=11.1193 平方英寸=315.788 升，输入 Vas=315.788 升，程序算出了共振的（cms），这是唯一的你创建 ECL 项目所需的参数。图 2.36 显示了 TSL 的计算值。记下 CMS 值。

模拟你的高通低音音箱的下一步是应用从快速设计和 TSL 项目中“Drone Parameters”中得出的数值来创建 ECL 项目。

打开 1 个未被占用的 ECL 项目，命令为“Oroned High pass”，“model”区设为“Highpss”Wire 设为“Parallel”“Mount”设为“Normal”. 输入从快速设计得出的 Vabr (7.4129CF)在这例子中，不要担心这个栏内其他区。进到“Port”我（孔）设为“1”“Type”区设为“drone”，drone 参数区出现在了“Type”区下面。

在“sd”区输入 0.089M²，输入机械共振参数（280.7486 um/n）在“Cms”区，程序将计算出超低音的机械质量和共鸣频率值，所以跳过“Mm”区，设“F0”区为 19.548H2，LEAP 已计算出，Mm=205.578 克。

超低音的 Q 质决定于材料及支撑结构，大多数情况保留缺省值“7”在“Qm 区。

设“Speaker”区为“1”“VC-Baff”设为“3 英寸”SPK-PVT”区距离 20 英寸，保留“Enc-Enc”区为缺省值（39.4 英寸）。

图 2.37 显示了完整的 ECL 项目。最后，你要一个 DGL 项目来分析高通音箱设计选一个未占用 DGL 项目，命名为“Droned Highqass Design”。

选择 TSL 项目#5（TAD TS-1603）（在指导中）对于 FCL 用刚才创建的“Droned Highqass”的项目，建立 PNL 和 AFL 为无分频器状态完整的 DGL 项目显示在图 2.38 中，图 2.39 显示了设计的频率响应。

第三章:ECL Examples 音箱例子

3.1 导论

本章讨论用于 LEAP 模拟中的音箱的物理及电性参数的数据项目。

有 5 种基本音箱类型，可在 LEAP 中建立。他们是 Highpass(高通)，Bandpass(带通)Generic(通用)Infinit Baffle(无限障板)和 Free Air(自由空气)。

高通和带通音箱又可分为无源型，阻尼材料型，合成负载型换能器。图 3.1 显示了封闭音箱，图 3.2 为倒相音箱任一倒相音箱可被 1 个无源辐射器代替。图 3.3 无限障板，图 3.4 为自由空气环境。

3.2 封闭的高通音箱

第一步决定多大体积，可用厂家数值，也可输入到 TSL 中并用 Quick Cabinet 应用功能给出 1 个初始的体积值。这个例子中，用 Quick Cabinet 应用功能曾在“指导”的换能器喇叭项目中的那个喇叭。

按[U]打开“Utilites Menu（应用菜单）”然后用[Q]打开 Quick Cabinet,按[L]从 TSL 项目中的“TAD TL-1603, 15in”内恢复数据。当你选择 TSL 项目后，按[A]选择 1 组直线可看到音箱类型列表，选择第一行直线“Sealed,HP”。

现在程序列出 3 个体积对应 3 个 Q 值，（列表于工作区的顶部，如图 3.4）你如果想要一个音箱听上去不是过阻尼，而且有“暖”的低音响应。你必须使 Q 值平滑，（Vabr=25868 0f），家用 HiFi 箱的 Q 介于平滑值（Q=0.70）和车比雪夫值（Q≥0.8）之间，较高的 Q 值不精确的瞬态及响度，但听起来较暖。

创建高通封闭音箱

打开 ECL 操作菜单，选择 1 个未占用的项目，命名为“Sealed Highpass Endosure”“类型”区（Model）设“0”，你只用了 1 个喇叭“Wiring”设 Parrallel,Mount 为 nomal,尺寸（Vabr,Vocc,Dpth Wath,Hgth）前的 5 个区（Vabr,Vocc,Dpth Wath,Hgth）是相互关联的，当输入 Vabr 时，尺寸就被计算。当你输入最初的“Vabr”后而改变任一个数值时，程序将问你修改哪个数值。

在 System Configuration Mena 可变换体积单位，米制与英尺互换制。

输入从快速应用中得到的 Vabr=2.5868 平方英寸到 Vabr 区。Vocc 反映了箱内被装置占去的空间，这数值对获得精确的箱体尺寸是重要的图 3.5 显示，对喇叭的体积和箱体的体积必须进行计算，15 寸喇叭占有 0.4 平方尺，这音箱无支撑条，所以 Vocc=0.4cf，如前所讨论 LEAP 间“Update……[D],[W],[H]……”则选 Depth 喇叭大概 5 寸深，所以深度至少 6 寸，现深度为 13 寸，可以改变。

这例中，你想要正方障板，则设宽，高为 24 寸填充吸音材料。在 Fill 区（填充物）输入吸音材料的占有率 50%指吸音材料覆盖 5 成内部位置。100%指填充了箱体全部空间，程序假设 100%，填充刚好接触到锥盒。保留 50%缺省值。

下个区域 FGEF（玻璃棉效果因素）这指绝缘物密度，FGEF=1 为 R19 玻璃棉，如果密度更大此加大这数。

倒相孔或无源低音，Port 区允许你加进任何音箱孔数，这封闭箱为 0。

喇叭数量

此为单喇叭缺省为 1

距离参数

VC-Baff 区为障板到锥盒顶之距，这一信息在程序分析分频综合性时是有用的。

Enc-Enc 是音箱列阵的平均个体距离，这例为单个音箱，这信息在分析中用不到。

用户标记区，有 4 个用户区，你可输复杂信息。现完成了高通封闭音箱的项目如图 3.6 图 3.7。

3.3 高通倒相音箱

倒相音箱可有一个较低的截止频率，倒相管使音箱变成形的共振腔，曲线在共振频率上大幅下降，但在很低的频率上变的很大，在这种低频状态，由于缺少很多信息而使某此参数被忽略，然而今天的设计者可用数字记录来设计被动和主动滤波器。

用 Quick Cabinet 来估算体积。

打开 Quik Cabinet 应用，选 Ventend-HP 线段为“TAD TL-1603, 15 寸”喇叭，察看方式同封闭音箱一样，

你公司的市场部门要求零到低速的（+0dB, -2dB）频率响应曲线，你可建立低频延申推迟反响记下 Vabr=7.4129of,并变 ECL 项目中频率为 Fbr=27.9257H2

创建 1 个高通倒相音箱

打开 ECL 操作菜单，命名新项目，输参数尺寸和吸音材料，输入 Vabr=7.4129CF,Vocc=0.4CF,告诉 LEAP 修改深度，输 W=2F,H=3F FGEF 为 50%。

倒相孔，无源低音，（ports,Typs,SP,LP,F0）输 Port=1,Typ=Vent,SP(孔面积)自行计算，更多体积模拟，变换，电声模拟可看参考

手册 19 章（复杂情况）。

这例中用圆型，为得到非常线性的气孔阻抗，应尽可能选择大面积（参看参考手册 5 章中“非线性气孔菜单”这例中最大的孔径大过喇叭。

有足够大的空间，孔可开 18 寸，对于 18 寸的面积，27.9H2 频率要有 83.6 寸长度孔才能适合，你可用内缩式孔径解决，如图 3.11。

这例中，你想要一个标准的圆型管在箱内，粗略的估计，管面积应最少为喇叭面积的 25%-40%，8 寸面积为喇叭 71.6%，要达 27.9H2 则长度为 12.75 寸，可用于 15.626 寸深的箱中。

输入 50.264 平方寸（SP）程序假设箱板 0.75 寸厚输入 27.9H2（F0）（Port Length）（管长）区变成了 12.753 寸。

你发现，1 个 8 寸孔用去 5 倍 4 寸孔的卡纸，改 2 个 4 寸孔你替 8 寸，用[Home]和[UP]回到第 1 项目区，用[DOWN]进入 Ported 区，输入 2 在这区，输入 SP 为 12.564 平方寸（4 寸直径）跳过 LP，输入 27.9H2=F0。

现加被孔占有空间 Vocc 到体积中，使体积准确，即 Vocc=78.86x2CF，告诉 LEAP 修改深度。

喇叭信息

输入 1 在 Speaker 区，输 VC-Baff=3 寸，相对距离（Spk-Prt,Drt-Prt,Enc-Enc）。SPK-Prt=21.5 寸，Prt-Pvt=16 寸，不进行音箱列阵，Enc-Enc 缺省值，如图 3.13 用户信息区，现完成了这例如图 3.14、3.15。

3.4 一个重叠放置放置喇叭的带通倒相箱

LEAP 提供 1 个好的工具，分析对比同样喇叭的不同箱体直线，用这工具，你很快决定下带通音箱的优缺点。

图 3.16 显示 1 个倒相高通音箱和两个不同参数的带通音箱的比较，实线=高通，紧靠高通的那条带通曲线在频率载上处占增加 1dB，这很难有足够的增益来对应增加的体积和综合性。而且通被声学低通滤波所限制。另 1 个带通音箱显示可明显增加 SPL 响应（一个给定的喇叭）但只处在一个很有限的频率范围内。通常物理规律允许一个能量交替，在这个例子中，你用频带交换声压。

用快速箱体设计估计体积，（Quik Cabinet）

打开“Quik Cabinet 应用，选择 Vented-BP/Btwr 组合（TAD TL-1603，15in,喇叭）程序计算出 3 种体积和倒相频率，你可用按 F1 察看这 3 种组合的理论带通功能如图 3.17。

总体积 13.2cf→17.5cf，这对一此用户可能过大图 3.18 的组合方式将能以 1 半体积内提供相等的输出（因为增加质量而减 3dB），这种组合的效果是相同锥盆面积有 2 倍的驱动力，这就说明，体积压缩了 1 半，喇叭的非线性将趋于被消除。

计算体积，你需人工输入喇叭参数，按[M]至手动数据项目。

第 1 个参数 FS=27.9H2 Vas 被分成 1 半（358Lt→179Tt）Q=0.304

任何改变换能器参数信息，都必须重选 alignment 使 LEAP 重算体积和倒相频率，按“A”然后回车。

图 3.19 反映了 Quick Cabinet Desigher 画面和组合负载喇叭数据输入以及体积，倒相频率等的计算，计录下从“dth BP/But Medium”栏(中间框内)的数值。这音箱将给出 1 个相对宽的频带和平直的效应。数值是 Vabr=5.2678cf(后箱体积)Fbr(后 H 相频 22.6527H2。Valf(前箱体积)=1.9792cf, Fbf(前倒相频率)=48.1277H2。

创造 1 个高通音箱。

打开 ECL 操作菜单，命名“Vented Bandpass Enoloure”=Nonndl.

后箱尺寸及填充（Vabr,Vocc,P.W.H.Fill.FGEF）

Vabr=5.2678cf, Vocc=0.4cf 告诉 LEAP 修改 Depth, W=2F, H=2F, FGEF=50%。

后箱倒相孔式无源低音，（Ports, Type, SP, LP, F0）Port=2, Type=Vents, Sp=4``跳过算出来为 17.004 英寸。

前箱的尺寸和填充（Vabr,Vocc,Dpth,Wdth,Hgth,Fill,FGEF）输入 Vabr=1.9792cf, Vocc=0.4cf, 让 LEAP 修改 Depth 深度），让 W=2F, FGEF（填充物）=50%。

前箱倒相孔或无源低音（Ports, Type, Sp, LP, F0）Port=2, Type=Vent, SP=12.567in²(4``直径)跳过 LP 区，F0=48.1277H2 孔长被算出来为 7.138 英寸。

现你建立了一个倒相孔设计，必须加后孔体积到 Vocc 上（281.24 寸 x2）=(0.253cf), 让 LEAP 修改 Depth(深度)，前也也加到 Vocc 上（110.64 寸 x2）=(0.128cf0) 让 LEAP 修正深度。

喇叭信息 Speaker 区=2，VC-Baff=3 寸。VC-Baff=3 寸。

彼此距离（Ptr-Ptf,Ptr-Ptr,Ptf-Ptf,Enc-Enc）

4 个参数是 4 个声幅射源中心距离，按图 3.20,Ptr-Ptf=17.284 寸

Ptr-Ptr=16 寸

Ptf-Ptf=16 寸

没有多个音箱列阵，所以保留 Enc-Enc 的缺省值。田平信息区，现已完成了带通倒相音箱如图 3.21 及 3.22 所示。

第四章:PNL 例子(被动滤波器)

4.1 导论

这一章讨论被动滤波的应用数据。图 4.1 显示被动网络资料编辑菜单画面在 PNL 编辑菜单里，可任意进行编辑，你可在这里进到每个区（Fields），当输入节点数和元件数值你不需按回车让 LEAP 接受，当光标离开那区 LEAP 便接受了那数值，只有转装置名字时才用回

车。

Vaf1 是 PNL 的第 1 个项目，这是所有被动网络的起点，Vaf1 总是设成 0 或，这显示了电压来源并驱动分频器和喇叭，Aalf 指主动分频项目的电压。

Zec1 则总是 PNL 中的第二条，它显示喇叭音箱阻抗，这里 Zec1 指 ECL 项目的阻抗，如图 4.2 所示。

在 PNL 项目中，有 8 个名称可用，R, L, C, KRM, ERM, SXM, EXM, DGL 输入电容、电感、电阻时，用 C, R, L 同样输入 1 上基于电阻模型的频率时，用 KRM, (恒定)。ERM () 基于共振的频率时用 KXM (恒定) 和 EXM () 输入 1 个 Ddesign(作为一个滤波装置) 时用 DGL 名称。

4.2 简单的低通网络

第 1 步确定用什么元件怎样分布，这例中，将模拟 1000H2 低通，你可用一个桌面选择元件值或用 Crossover Network Designer (分频网络设计) (在应用菜单中)。

在 Croosover Network Desihner 的高级程序中，你可以察看以 SPL，相位组延时为变量的高通和低通综合响应图形。而且时间和增益可插入每个分频网络中，一经计算，所有参数及变量均可人工编辑并重新图示，这为用户使用快速重试提供了简单方法。

用 Crossover Network Designer 选择元件值，打开 Crossover Network Designer(从主菜单)按[U]然后[X]如图 4.3 选择 2nd-Lnkply 集合，输入 1000H2 8Ω 第二栏显示出 L1 C1 记下 L1 C1，或用[P]rint Data Command 打印出来。

创建 1 个 PNL 项目，打开 PNL 操作菜单命名，Valf 和 Zec1 缺省连接如图 4.4=阶低通如图 4.5。输入 L1, C1 及它们的数值。

检验你的工作

按[F1]检验，发现错误，回到前面修改。图 4.7 4.8 反映了整个分频网络情况。

4.3 共轭网络(对称)

这例子将模拟共轭分频网络。

Conhugate Netmord Designer (在应用菜单中期)将分析 DGL 的阻抗曲线并创建一个被动的带阻网络来提供给分频器 1 个平的阻抗曲线。计算后所有元件和参数可手动编辑，并图示，这提供了重试机会。

用 Using Conhugate Network Designer 选择元件值。

按[U]选择 DGL 第三章创建的“Sealed Fligpass”按[A]分析 DGL 的共轭网络值的曲阻抗曲线，程序分析阻抗曲线并产生适应音箱阻抗的三种网络如 IST, 2nd ,HF RC 只有这 3 种可以平滑阻抗曲线。

更详细看参考手册第 14 章 (应用菜单)

按[F1]察看，反映原始曲线，网络曲线综合曲线这例子中，Ist RLC 将不合适，对于 1000H2 分频，喇叭 60H2 的阻抗曲线 (共振频率) 只有很小变化，这需要很大的电感，并消耗 Power.

按[ESC]回到编辑画面，D 写下 2nd RLC 和 HF RC 数值或打印。

创建 1 个 PNL 项目，打开 PNL 操作菜单命令 Lowpass at 1KH2 With Conjugate”

因为多个元件型，输出数值之前需画 1 个图如图 4.11，输入低通网络。输入 L1 在 1 区 (=2.546mh) L1 在下一区 9.95uf, 现已有了 1000H2 低通滤波。输入“HF RC Conjugate” (高频 RC 共轭) 网络，跳过 Lowpass 和 HFRC Conjugate 输入 R2=7.45Ω .C2=6.545uf. 输入“2nd RLC Conjugate”网络，跳过 Lowpass 和“2nd RLC Conjugate”输入 R3=15.344Ω ,C3=27.275uf.

检验你的工作，按[F1]如有错，将显示错误信息可修正这些错误可从察看分频网络的传输特性息发现，图 4.13 为传输特性。

图 4.14 反映了共轭分频网络的音箱频率响应。

图 4.15 是无分频网络的情况。

4.4 模拟 1 个铁芯电感

本节用 PNL 项目描述铁芯电感的技术。这元件有一个随频率变化的阻抗和电感量频率上升，阻抗上升下降，当分析分频综合特征时，这非常重要，铁芯电感的形为象一个没有共振峰的驱动器，展开的介绍见参考手册第 5 章。

在 PNL 中模拟铁芯电感，首先要有一个 (带有相位信息) 电感元件的阻抗频率曲线，而且你需要知直交电阻，图 4.16 所示。

用 Motor Constants Caulculate (驱动器恒定计算)来得出 Krm, Kxm, Erm, Exm.

第 1 步，推出 Krm, Kxm, Erm, Exm 值，打开 Motor Constants Caulculate (从主菜单中)按[U]而后[M]画面如图 4.17 必须选 2 个频点进行运算。

	L0	Hi
频率	400H2	20000H2
阻抗	10.5Ω	61.2Ω
相位	28.0°C	28.0°

输入了这两个频点数值后，要输 DC 阻抗 6.9Ω ,Resulting Motor Constants” 栏中出现了 PNL 模拟电感所需的参数。

(写) 记下或打印出：

Krm:11.562mΩ Erm=0.680
Kxm:57.347mH Exm:0.569

在 PNL 中输入信息

打开 PNL 条中命名 “Inon Core Inductor” 电感分解为 3 个元件如图 4.18, 把它作为整个网络。

输入 $RD=6.9\Omega$

输入 KRM, ERM, KXM, EXM.

你可以用察看转换功能图来改变 PNL 项目使之变正确, 为了看转换功能图来改变 PNL 项目使之变正确, 为了看到电感器的阻抗, 你必须移开喇叭阻抗, 对于 PNL 图, 程序用了 1 个混合电阻 (由 Zec1 来决定阻值) 来计算这图, 为了有效地移工喇叭的电阻, 设 Zec1 值为 $0.00/\Omega$, 图 4.19, 4.20 反映了网络的 PNL 察看图。

4.5 滤波器的拓扑结构

第五章:AFL 例子 (主动分频网络)

5.1 引言

本章讨论主动滤波器, 图 5.1 为主动滤波主菜单, LEAP 用 1 个操作建造系统 (Operational building-block system) 来模拟主动滤波这说明可有几种传输特性区可用来建造主动滤波图 5.2 显示了它的位置。

在 AFL 编辑菜单中, 可进行任意编辑, 即可移到区内任意地方。

有 15 个组可用于主动分频项目, 它们依次排列提供了低阶功能, 可组合起来创建一个假想的主动滤波的功能。

有 1/2 阶, 1 阶, 2 阶低通, 高通滤波组, 也有 1 阶, 2 阶全通, 带通, 带阻滤波组。

半阶 (3dB/倍频) 和 1 阶 (6dB/倍频) 组有 2 个参数频率和增益, 它可随意设定。2 阶 (12dB/倍频) 组有 3 个参数 (频率, Q 值, 增益) 可随意设定。

有 5 种特殊的传输功能, 延时功能有 2 个参数, 时间、增益、相位参数有 2 个功能相位和增益。带通 EQ 是 1 个 2 阶设备, 可调节中心频率, Q、增益。倾斜的 EQ 设备是 1 阶滤波, 可调整转角频率和 Q 增益。

5.2 高通网络

创建 1 个主动滤波第一步是确定它的传输特性, 在这个例子中, 频率为 500Hz, 有平滑直线的 4 阶高通滤波将被模拟, 它带有 1 个单的系统增益。

利用滤波集合面板选择滤波参数。

建立这个滤波, 可使用 2 个不同 Q 值的二阶高通参考手册第十九章的“滤波集合面板”它提供了一个拥有所需的 Q 值及频率的多种组合因素的所有滤波集合。

察看平滑值集合 (Butter Worth alignments) 你可看到 1 个 4 阶滤波需要 2 个同频率的 2 阶滤波 1 个 $Q=0.1541$, 另 1 个 $Q=1.307$, 方块图见图 5.3。

创建 1 个 AFL 项目, 打开 SFL 操作菜单, 选择 1 个未占有项目, 命名为 “4th Order Highpass at 500Hz” 按回车后, 高亮棒留在名称区这因为在 AFL 内, 编辑是任意的每次都需把光标移动到下一个区。

移至第 1 个 2 阶高通滤波区, 输入 500Hz, $Q=0.1541$ Gain=0dB.

移至下一个 2 阶高通滤波区, H2=500Hz, $Q=1.307$, Gain=0dB.

检查你的工作, 用 [F1] 显示你是建立的这个主动滤波的传输特性 5.5 所示。

图 5.6 显示了没有高通滤波的中频传输特性。

5.3 延时和相位反转

这例子详述了延时和相位功能在 AFL 中的应用, 当分析一个高音与一个低音的组合时, 充分考虑每个驱动器的音圈的物理补偿是重要的, 因为不同空间的声源在整个系统的相应中引起明显的峰和谷。

图 5.7 显示了本例单个喇叭的相应曲线。图 5.8 是没补偿的综合曲线, 这里两喇叭产生较平的曲线, 但在音箱中, 低音喇叭的音圈比高音喇叭低 2.5 英寸。

考虑到两个音的不同位置, 用一个补偿距离的延时公式来创建 AFL 项目。

$$\text{声速}=1140 \text{ 英尺/秒} = 345 \text{ 米/秒} = 13680 \text{ 英寸/秒}$$

$$100\mu\text{s}=1.36 \text{ 英寸}=3.47\text{cm}$$

由公式算出延时为 183.82 微秒, 打开 AFL 操作菜单选择一个未占用的项目, 命名为 “183.82us Delay”。

移动到第一区选择 DLY 功能, 向右移动并输入 DLY 值 183.82US, 如图 5.9 所显示。

加延时后, 系统频响在 2kHz 有一个 14dB 的低谷。如图 5.10 显示。这是因为两喇叭的相位漂移和干涉。

当你输入 VC-Baff 值到 ECL 项目时, 驱动器的相位补偿被自动加到设计中。

解决方法是用一个带高音 180°相位反转的主动分频器。打开 AFL 操作菜单, 选择一个未用项目, 命名为 “Phase Inversion”。用光标选择 “PHSE” 功能, 输入 180°相位值。图 5.11 显示了带相位反转的 AFL 项目。

现在加 AFL 到高音设计中, 其响应如图 5.12。用这技术相位可被调到任意角度。

如你想快速改变时间不偿或相位改变只是为了检查 SPL 曲线的效果, 你可用 DGL 中 corrective filters 项, 更多信息看参考手册

5.4 滤波器的图形显示

下面3页包含了常见的主动分频器的基本回路,但不是全部。更多信息看参考手册19章”Reference Text Books and Source”。图5.13和5.14显示了简单1阶和2阶滤波器,图5.15是一个全通滤波器(在全频段给定频率上产生一个延时(相位改变))带通可用高低通组合而成。高阶可由低阶合成。

第六章:DGL 例子

6.1 导论

本章论述 LEAP 模拟的 Design/Graphy Labaray (设计与图形)。图6.1显示了设计与图形项目的编辑菜单。

DGL 是 LEAP 软件的精髓,其他四个项目以实际运行环境下共同提供的信息放在这里,每个 DGL 都有 TSL, ECL, PNL, AFL 附在上面。如果没有 PNL, AFL, DGL 将忽略他们。

DGL 是最大的项目库,他包含了分析和显示一个 LEAP 设计的全部信息,一旦 DGL 被计算,他将显示相同的数据直到 DGL 自己的某些东西或者他的组成项目发生改变。

DGL 可以储存个别设计直到用户想用别的数据计算。一旦计算, DGL 相对别的项目是独立的。

有两种方法可重算 DGL, 一种是处在 DGL 中时用 ENTER or END 移到最后区。另一种是从主菜单中或项目列表中用 [Ctrl+R] 进入。这方法将自动计算 DGL 的最后编辑值。当你改变设计并查看结果时, 这特征是实用的。

DGL 允许用户选择声学环境和音箱距离及喇叭端的功率。

当设计多路系统时, 每一个频率段有一个 DGL, LEAP 可同时显示五个单独的 DGL. 图 11——15 是系统图, 指曾分散显示的 DGL 可被总和显示成单一系统响应曲线。图的显示使用 [^F1]. [^F2]. [^F3]. [^F4]. [^F5].

6.2 创建一个设计

创建 DGL, 你必须有一个 TSL, ECL, PNL 和 AFL 项目。如你没有 AFL 或 PNL, 程序将忽略你的选择, 例如, 指导项目的数据将被用。

创建一个 DGL 项目

打开 DG 操作菜单, 选择一个项目并命名为 'DGL Example #1'。按回车后, 屏幕变为 TSL 列表, 这设定 TSL 当前记忆项目。

现在选择 TSL 项目#5 (TAD TL-1603, 15in) 并按回车。屏幕变为 ECL 列表。

如果你创建 DGL 时出现的 libraries 的名字不是 'TUTORIAL', 你必须退出 DGL 编辑菜单, 进入文件管理器从磁盘中装入 TUTORISL 到 RAM 内。

选择 ECL 项目#4 (3Cu Ft Sealed/1 Spk), 按回车, 屏幕变为 PNL 列表。

选择 PNL 项目#1 (直通), 按回车, 屏幕变为 AFL 列表。

选择 AFL 列表#1 (无滤波器平直 0, 按回车。屏幕变回 DGL 编辑菜单。

保留所有区的缺省设定值, 记算着设计。

最简单的方法是按 [END] 键三次。

这是一个基本 DGL 项目所需的全部。完正的 DGL 项目如图 6.3 F1 图如图 6.4。

6.3 用 DGL 对比不同的可能情况

LEAP 最强的功能是创建一些假象情景。并对他们作比较。不用安排元件和制作原形就可改变物理和电气参数来模拟响应。

这一节假设你已完成本章其他节的设定。对比不同功率的响应

不同功率的响应对比

对名称为 DGL Example#1 的 DGL 项目复制 4 次, 这用 DGL 操作菜单

的 [Cope] 命令完成。

移动亮条到第一 Cope 区 命名为 DGL Example#1 10w. 移动到 P/Spkr q 区, 输入 10W 功率, 按 END 两次计算 DGL.

重复以上过程在其他 3 个 DGLs 中输入 50W/100W/200W/. 完成后, 合并 5 个 DGL (包括 1W) 一起输入, 如图 6.5 所示。

也可用 F3 显示一个选择音箱的喇叭的 5 种响应曲线, 如图 6.5 所示。

*封闭音箱和倒相音箱的比较

喇叭设计者面对的共同问题是如何从适合同一喇叭的多种音箱类型中作选择. 用 LEAP 可简便快速比较 5 种音箱。

对名称为 DGL Example #1 的 DGL 项目复制一次重命名为 DGL Example #2. 移到 ECL 项目区选择项目#10, (倒相高通音箱). 按 [END] 3, 次重算 DGL.

对 DGL#2 的项目进行复制, 命名为 DGL#2, 200watt., 移动到 P/Spkr 区, 按 END 两次重算 DGL.

现在重新移动除原始 DGL (DGL Example#1 以外的显示标签, 增加一个标签到 DGL Example#2, 按 [F1] 显示同一个喇叭一瓦功率的两种音箱的 SPL 响应, 如图 6.7 所示。

按 [F3] 显示同一喇叭在两种音箱中的漂移曲线, 如图 6.8 所示。

现在移动标签到 DGL Example#1 200watt 和 DGL Example#2 200watt, 按 F1 显示 200 瓦时同一喇叭的不同音箱的 SPL 响应曲线, 如图 6.9, 图 6.10 是喇叭漂移曲线。

这种比较可在喇叭设计的任何阶段进行。

第七章:最优化的例子

7.1 阻抗的最优化

普通的最优化方式是调整 DGL 项目的 On—Axis 或 PowerSPL 曲线到目标功能。但某些情况下, 需要优化调整 DGL 项目的阻抗曲线到一个目标, 处理这问题没有自动直接的手段但是借助 Export/Import 应用, 阻抗优化可在几步内快速完成。

应用

只有两种最优化的应用是有价值的。最普通的是调整共轭网络 以产生平滑的阻抗曲线。共轭网络设计 (GND) 需很少的优化步骤便可产生很好的结果, 但有时 CDN 不能模拟复杂的分频网络还需进行优化。

方法描述

因为优化真实发生在 SPL 数据, 你想优化的数据曲线作为 SPL 响应必须被重设。使用一个平的换能器响应很容易完成这转变, 这转变也同时丰富了电器系统, 在 DGL 分析中当 PNL 传输特性被分析为最后的 SPL 响应时 SPL 响应将显示出单纯的阻抗曲线形状, 因为换能器的传输 SPL 曲线不是非常平直, 响应形状的唯一变化是适应增加 PNL 元件后的换能器的不平整的阻抗曲线。进一步的说明将在事例中说明。

低音喇叭的模拟

这例子中我们假设低音模拟在 DGL 的 1 5 项目中被创建。在 DGL 的分析中 SPL 的响应和阻抗与其他数据曲线由光标产生。这例中的低音是 4 Ohm。这例子是一个 DGL 项目的输入类型, 那里。SPL 响应和阻抗是输入项目的实际计算值。这一低音模拟的 SPL 响应如图 7. 1 所示。这这阻抗曲线如图 7. 2 所示。

用 Conjugate Net Designen 确定出始值

这例子假设我们想改善对换能器的阻抗能产生很平的阻抗的共轭结构 曲线, 尽可能在他前面补充一个分频单元。为得到共轭结构的快速出始值, CND 应用功能是可用的, DGL 项目被选为 1 5, CND 分析被运

行, 图 7. 3 反映了得出的 CND 阻抗图。由应用得出的共轭值生成的混合阻抗相当平直, 但我们要进一步进行优化。

图 7. 4 反映了 CND 菜单显示的共轭值。应用工具生成了两个 RLC 结构, 和一个高频 RC 结构。低频设在 79Hz, 中频设在 865Hz, 高频转点为 1630Hz. 图 7. 5 反映了描述由 CND 应用工具生成的共轭元件的图。这个回路以后将被放在 PNL 项目里优化化。

输出换能器的阻抗曲线

第一步是输出换能器的阻抗曲线到一个文件里, 在这里他可被重新输入到不同 的 DGL 项目。这由应用菜单和输出操做完成。因此我们工作的 DGL 项目是#15, 所需阻抗曲线是图 18, 这是换能器的阻抗。使用的形式是 GDT, 和 552 数据的完整替代。合适的文件名被选择如 ZIMP-OPT, 输出路径/分路径被使用, 输出操作屏幕如图 7. 6

输入换能器曲线

现在我们把阻抗重新输进系统。这是必须的, 以便我们拥有一个区别 (属于阻抗曲线的) 原始值的不同的换能器 SPL 响应如你用真实计算而不是模拟, 不要输入 SPL 或等完成所有阻抗优化后再输。

这例中阻抗 GDT 数据文件被输进 DGL#16, 你应使用一个已删除干净的 DGL 项目。输入操作屏幕如图 7. 7。数据类型是阻抗计算类型是真实阻抗。

你不许要输入缺省的 SPL 数据。一个干净的 DGL 已包含了一个换能器的 SPL 曲线, 0dB 的直线, 如你想输入一个 SPL 曲线你希望他是平直的以便分析 DGL 响应时能仅反映阻抗曲线。

创建一个 PNL 项目

现在应创建一个包含共轭元件和电源电阻的 PNL。这回路如图 7. 8 所示。Rcs 电阻是电源电阻, 你必须使用这电阻, 他联在功放输出端对于源电流提供一个较高的驱动电阻。(这电源有别与普通电压电源)。这里的使用值是 1k 他远高于驱动器和共轭元件的电阻。使用的节点数如图所示。

图 7. 9 显示这回路的 PNL 项目的创建. 当你输入你的回路你需要为优化而标出你的全部共轭元件. 这例中需标出 8 个元件. Rcs 电阻没有标出因为不对他优化。

因为只有一个假想的负载, 你将不能在 PNL 查看图上看到共轭的真实效果, 但是你可检验回路是否开路, 是否有错。

为 Z 优化创建 DGL 项目

现在创建一个包含输出阻抗曲线的 DGL 项目. 对于 DGL 项目, 你需要选一个你曾创建的 DGL 项目, 他包含共轭元件和电源电阻. AFL 项目可以是空的. SPL 距离可缺省为 1 米, 驱动电源缺省为 2. 82V, 图 7. 10 显示了刚创建的 DGL 项目的编辑屏幕。

分析启动后, 选择显示项目并按[F1], 将产生-45dBde 的 SPL 响应. 这是因为换能器的 SPL 曲线位于零. 而 PNL 的传输功能是与 1k 电阻(产生 40dB 衰减, 单纯的 SPL 水平是不重要的. 重要的是 SPL 曲线的形状是否适合换能器和共轭元件的阻抗。

如你按 F4 查看阻抗, 你将只看到一条 3160hms 的直线., 这是这系统阻抗最大值. 因换能器和共轭连接了一个 1k 电阻, 电阻很高

如果你现在按[F4]察看阻抗响应。只能看到 316Ω 的 1 条直线, 这系统极阻的最大存储值 (对阻抗而言), 因我们有 1K 的电阻出现, 电阻很高, 即使真实阻值显示出, 也是一直线 (在 1K) 当为电源设立 PNL 项目时, F4 电阻曲线将不能显示有价值信息, 有用的信息位于 SPL 响应图 (F1) 那里是需要进行优化, 图 18[F8]将一直真实的被输入的换能器阻抗。

现在 DGL 项目可以被优化了。

建立优化

将被应用的优化是单独的 PNL/DGL 优化，进入优化菜单，选择 1，首先你在这里#16 中需选择进行优化的 DGL 项目和轴线响应曲线，你可以选择目标滤波，相位水平的因我们需平的目标曲线，完成后按[F1]运行优化图。

当优化图显示后，也许目标线离开顶部，你需变上限范围到 SPL 数据范围，（大约 45dB）因 PNL 项目的输入阻抗电 1K 电阻支配，左边的尺度将很高，你将看不到有用的阻抗曲线，这是好的，因为阻抗数据显示在了 SPL 响应里。

当你的数值被建立，1 个相似的图和曲线（如图 7.12）将显示出来，这例中的目标被设为-48dB 高于（现在阻抗所看到的情况，当这阻抗曲线被作平，并向上移动一点即达目标，单元方块称向下分中高，有 8 个元件可进行优化。

因所有共振元件有一个好的初始值，光标可移动到频率范围的两边，你也可以集中于某段频率（某时间）并锁定除 1 个能抗制阻抗以外的所有元件在那区域。

优化现正在运行，如图下 13 所示，每次重复能使阻抗曲线更接近，目标线几次重复后，程序停下来，如图 7.14 所示，大约在 500Hz，阻抗处于目标的顶部，在低频，优化产生了合适的波状线，这是共振能带来的最接近直线的情况。

如果我们打算试验不同的目标线，这也可以用变化目标线设定来做，当然目标的高低是有限度的而结果可能不能实现，你不能用一个高于换能器向自身的阻抗，（在不增加其他类型有阻抗时），环路情况下。

设立 PNL 项目重回电压驱动

为了看到在正常阻抗尺度 I 的最后真实阻抗情况，PNL 项目现被变回到简单电压驱动，设立 RCS 阻抗为某个低值（使它象是短路状态）这里用 0.01，PNL 项目屏幕如图 7.15（按最后的值）回路图如 7.16 所示在这以后，DGL 项目被重计算用来产生最后值，看图 F4 显示了真实的 PNL 输入阻抗如图 7.17。

产生 dBZ 之水平响应

如前面例子看到的，由电源源动的 SPL 结果曲线大越是 dB，这水平使得在优化图中了解真实的阻抗非常艰难。在 DGL 编辑中选择不同的驱动电压，你可以生成 1 个直接相关于阻抗的合适水平用 2828V 电压这 dB 值将显示 dBZ，dBZ=阻抗对数的 20 倍例如 10hm=0dBZ, 100hm=20dBZ, 3.160hm=10dBZ, 因为这一直是一个 dB 数据类型，一但你应用这类型数值，有关真实阻抗的更直观的图示就很容易获得图 7.18 下面的 1 条线是 RCS 在 1K 时，电压 2828 时的分析。

7.2 使用正确滤波产生 1 个顾客目标

在优化过程中选 1 个带有 DGL 项目的目标功能。优化目标的列表显示在图 7.19 中，它显示了许多标准传输功能（可被用于目标），用户可选择高低通和高通来完善目标的传输功能。对提供的标准滤波功能，PGL-TARGET 的选择显示在图 7.19，这允许用户选择 1 个系统的 DGL 项目用作目标功能。轴向响应曲线，将从那项目中被使用在实际情况中，用户可以选择两种不同的 DGL 项目用作目标，1 个用于低通，一个用于高通，这两个功能将被合成 1 个单 1 的结果，这种情况很少见。多数情况是选 1 个 DGL 用作目标，另一个作为平的滤波将提供所有的机动灵活功能。

当从列表中选 1 个 DGL 条标用作目标时，你将被要求从它后面列表的显示项目中选择 DGL 项目，项目的选择需要有 1 个 SPL 响应（作为目标优化的）。这一节将论述怎样创建 1 个目标响应（使用 DGL 正确滤波系统）。

■建立 DGL 项目

创建客户 DGL 目标有多种方法，但正是滤波四方块是最容易的，第 1 步是删除你想设立目标的 DGL 项目。这保证项目是干净的，第二步选择显示项目，然后按 F1 显示轴向 SPL 响应，一个相似的图形如图 7.20 所示将显示出来。

删除了信息的 DGL 项目将显示 0dB 的 1 条直线，按 F 键从图形进入 Filter Menu(滤波器菜单)现在你可以输入任何你愿意的滤波功能的滤波器。这例中，我们假设目标是 250Hz 4 阶低通滤波器。参看 19-6 页，我们看到 2 个 2 阶 LP 结构 (Q=1.3 和 0.54)，我们用 Alt-4 键输入 2 个 LP 滤波器（在滤波列表位置 1, 2），然后按回车让数据输入，然后按[R]键，绘制新的曲线，最后的结果出现在图 7.21 上，如没有其他要修改，按[ESC]正确滤波器应用提供了不需 DGL 分析的方法。不需要输入 AFC，输入数据或 DGL 计算，就可在 DGL 中建立响应，目标的基础水平可以是 0dB 但也可任意变化（依分频器不同）。

■使用 DGL 项目作为目标

DGL 项目中的滤波器一旦被设立，所有的实际工作就已做完，剩余的是选择，DGL 项目作为 1 个目标滤波器（在优化菜单中），当优化菜单显示后，响应（如图 7.22）将被看见，应用[T]调节目标水平以建立 dB 限制线，限制线将被（在 DGL 项目中）用于任何的初始水平。

如果你在 DGL 正确滤波器建立中用 0dB 的基础线可能需建立 90dB 的上限线，如果你用 1 个响应 90dB 的上限线，那么优化图的上限线只需要 0dB，是否使用 DGL 项目的真实水平或用目标上限（优化图）是个人选择问题。

7.3 用 AFL 项目创建客户目标

当运行优化程序时，必须选择对应于 DGL 响应的目标功能，优化的目标选择列表如图 7.23 显示了许多标准的传输功能（可被用于优化的）。与滤波功能类型一样，1 个作为目标的 DGL 项目。轴向响应曲线（oh-Axis）将被用上，（从项目中选出的）在实际中，用户能选择 2 个不同的 DGL 作为目标，1 个低通 1 个高通，这些传输功能合成 1 个单独的完整结果。

当你选择用 DGL 项目作为目标（从列表中），你要从它下面的列表中选，项目的选择将需要有 1 个构成目标优化的 SPL 值。这节将论述怎样使用 AFL 系统创建 1 个 DGL 目标。

■设立 AFL 项目

输入 1 个滤波器到 1 个 HFL 项目中，以便生成能实现目标的最后传输功能，这完成后，AFL 项目能被用在 DGL 项目中来生成 1 个（与 SPL 响应中）一样的传输功能，为了使 DGL 项目中的 SPL 能反映 AFL 滤波器换能器 SPL 曲线必须是平直的线，这可用一个通用的 TSL/ECL 合成用输入 1 个阻抗曲线并保留 SPL 响应在缺省的 0dB 来实现，两者都可生成 1 个最初 SPL 响应（平直的线），对这个例子，我们将使用 1 个输入阻抗曲线。这很容易，因为它不需创造 1 个 TSL 和 ECL 项目来形成一个通用换能器。

AFL 系统有更多个的滤波功能类型（此 DGL 正确滤波系统），因此中某些例子中很容易利用 AFL 系统创建 1 个特别的目标功能，16 个滤波器组合。这可以适合 1 个单独范围的目标，也可以适合整个系统目标。

这例子中我们将假定需要 1 个系统目标，它在高于 2KHz 有 1 个高频输出下降，这种情况常见于剧场或别的设施中，那里响应是在 1 个离开喇叭的距离上则算的。

首先，选 1 个你打算构造目标响应的 AFL 项目，构造这例的响应，1 个单独的半阶低通滤波器（LPE1/2）被使用。转折点为 2KHz，增益设定为 90dB，这将移动数值水平到将被优化的范围，但我们容易做的是让增益为 0，而调整优化图的上限线。

图 7.24 显示了 AFL 项目的编辑屏幕，单独的 LPE1/2 滤波能在第 1 滤波器位置上看到，按 F1 可察看响应，一旦响应区线被调整到予想目标，设定 DGL 项目的过程就可以开始了。

■设定 1 个 DGL 项目

如前所述，这例子将用 1 个输入型 DGL 项目作为基础，选 1 个空的 DGL 项目，输入 1 个阻抗曲线任可的阻抗曲线都会要求，因为我们不关心阻抗，因 1 个空的 PNL 项目被用，任何阻抗曲线可输入，我们必须提供 1 个负载不等于 0 的输入。1 个 SPL 曲线不需输入，因为我们在 0dB 的空的 DGL 项目中可利用缺省的 SPL 曲线。

一旦 1 个阻抗曲线被输入，你可以编辑 DGL 项目，选择（为了目标响应而构造的）AFL 项目。选择 1 个空的 PNL 项目（提供 1 个平直的 PNL 传输功能曲线）

图 7.26 显示了 DGL 项目编辑（包括 AFL 项目在这例中适合目标），你可保留驱动压的缺省值和 SPL 的距离值，因为只有反映刻度的上或下当我们得到优化图，同时的事情可以做。当 DGL 项目被运算后，如图 7.27 的响应可用 F1 来显示，这是 1 个将应使用的目标响应。

■使用 DGL 项目作为 1 个目标

当 DGL 项目被构造后，所有实际工作已完成，剩下的是选择 1 个 DGL 作为目标滤波器（在优化菜单中），当优化目显示出来，1 个如图 7.28 的响应被看到，有必要按 [T] 键设定（在 dB 方式中）上限来调整目标的数值水决，上限线将被应用于 DGL 项目中任何的被始值。

因为我们用了 AFL 项目中 90dB 的基础线，目标的响应也许是在 1 个正确的范围，这是指对优化目标的上限线，基础数值处于大越 0dB，你可用在优化图中安放位置来调整目标水平。

用 AFL 系统是构建客户目标功能的一种方法，从 AFL 系统所提供的滤波器可构建许多不同类型的响应形式。

7.4 用输和数据创建 1 个客户目标

（同 7.3 项目下内容）

■创建 1 个输入数据

用输入数据创造 1 个目标响应是指我们将人工写下 1 个文件，它带有目标响应。只能有 1 个创建过的 SPL 文件，而不是 1 个阻抗文件，任何阻抗曲线都可以被输入来适应那规律。

开始构建目标响应的方法是打印出空白的图，（从系统中那里你可以标出能放数据的那些点，这例子中我们将创建 1 个目标（后面它被用作 1 个系统），这目标将在低频末端和高频末端各有 1 个提升，标记点如图 7.30 所示。

这里安排的输入法是 GDT，如图 7.31 所示，是 P 为这里的数据创造的 GDT，这个文件只有 4 个数据点，如果需更多的数据我们可以增加数据点，这文件被放在输入 LEAP 的 Export/Path。

在输入 SPL 响应数据之前，首先需输入 1 个阻抗曲线到 DGL 项目中，因为我们只关心 SPL 响应而不是任何 PNL 环路，任何阻抗值都可以，输入阻抗后，我们创建的 SPL 文件就被输入，正常的参考值是 2.83V，1M，0M 延时，线路 0 阻抗和 0 电感，按 [F1]（在输入菜单中）你可以看到创造的数据的结果，如图 7.32。

■设立 1 个 DGL 项目

为输入阻抗和 SPL 数据到 DGL 项目（选择需编辑的项目）选出 1 个空的 PNL 和 AFL 项目，然后运行 DGL 分析你必须计算这 DGL 项目，以便能够使输入的 SPL 曲线，可以反映最后的 DGL 的轴向响应曲线，图 7.33 显示了 DGL 项目的编辑屏幕，你可以保留缺省电压和 SPL 本来的距离，因为只有响应的上下刻度，当我们得出优化图时，同样的事情可以做。委 DGL 项目被计算，如图 7.34 的 1 个响应图可用 [F1] 来显示，这是一个我们将要使用的目标响应。

■用 DGL 项目作为目标

当 DGL 项目被构造后，只需在优化菜单中选出 1 个 DGL 项目作为目标文件，如图 7.35，用 [T] 调节上限值 dB 的方法调整目标水平。

因我们用 0dB 作为基础线，目标响应需升到 90dB，应用人工数据输入的办法，实际上任何形态的响应可以应创建（而这不能由 AFL 或正确滤波系统创造），这方法比其他滤波器方法多了些工作，但它对响应有更好的控制能力，许多独特的响应形状也可以生成。

第八章：系统范例

8.1 模拟 1 个串联 PNL 分频

产生被动分频的成型方法是使用并联于放大器输出端的低通、高通，带通 D 网络，几乎所有的滤波分频系统都用的办法，因为这

对每个换能器提供了最好的控制。

当模拟这类型的系统时，不同的 PNL 可用于每个换能器，这些 PNL 项目在 LEAP 的系统运行时均被自动的放在并联。

有时用另 1 种方法，是换能器和分频网串联在功放后。这是为了产生更好的响应特征或音质，图 8.1 是 1 阶串联和并联分频，如对这两种进行分析发现有很不同的输入阻抗和电声特征。

两种方法都不同，但串联有以下不足，(a) 如果 1 个喇叭改变频段或模拟阻抗，它将影响到系统中的别的喇叭，(b) 不能断开 1 个而计算另 1 个的响应 (c) 模拟串联分频器是很困难的并有限制。串联情况后面将详述。

■在 PNL 项目中模拟串联分频器

当模拟串联分频器时，所有换能器的阻抗必须被包括进去，完整的回路要放入所有的 PNL 项目中（但有一点不同）作为每 1 个 PNL 项目在以后的 DGL 项目中，计算和分析将包括了贮存于不同 DGL 项目中的别的换能器的阻抗曲线在 PNL 系统中，有 1 个叫做 DGL 阻抗元素的元件，它允许你使用来自 PNL 回路中的作为单元的任何 DGL 项目的换能器阻抗曲线，当 PNL 回路被分析时，来自 DGL 项目的阻抗曲线将被用作 1 个在被动网络计算中的元件。

下面的例子将帮助我们更清楚理解，假设我们有 1 个 2 路系统，（如图）这当然有 2 个 DGL 项目，用于保持低音和高音的设计，在这例子中，将有项目位置 1 和 2 在创造 PNL 项目前，你必须选拔 DGL 项目的位置，那儿你将放置每个换能器的设计。

对我们用于系统的回路需分别考虑两种形式（针对每个 PNL（2 个）生成 1 个不同的网络）如图 8.2 对于低高区，高音将被 1 个包含它阻抗曲线的 DGL 单元所代替，对于高音单元，低音将被包含它的阻抗曲线的 DGL 单元所替代。

图 8.3 显示了 PNL 项目（低音），图 8.4 显示了 1 个 PNL 项目（高音），在这例中，C1 和 L1 要选出 1 个产生 1KH2 分频点的值。当你改变单元值，必须同时改变 2 个 PNL 项目的数值（它们相同）。

在 PNL 编辑屏幕，可用功能键察看反映传输特性和输入阻抗的图，在察看时，Zec1 所表示的阻抗将是 1 个假想的电阻。图 8.5 显示了低音的 PNL 传输，图 8.6 显示了 PNL 的输入阻抗。

因相同的元件和完整的包含有两个 PNL 的每个中，每个的输入电阻是相等的，并反映了系统的阻抗，图 8.6 1 个几乎水平的线（8ohm）是这例中的真实的系统输入阻抗。

■编辑 1 个 DGL 项目

当 PNL 项目完成后，它们用于 DGL 中，DGL 项目的构建将是 1 个，TSL/ECL 数据的模拟，或可以包含输入数据，在这例中，它们被输入 8Ω 阻抗的直线数据和 1 个 91dB 的平直 SPL 值，如果有 DGL 的模拟，我们则首先应分析这项目，以便为 DGL 单元在 PNL 项目中生成 1 个正确的数据用来分析和显示。

当 DGL 项目被分析后，结果可在主图上看到，图 8.7 显示了 SPL 响应（对每个项目的，图#1），两个分开的响应被分别显示，图 8.8 显示了图#4 中每个的输入阻抗这两曲线（阻抗）是相同的，也同于系统阻抗曲线，合成的 SPL 系统响应可按[F1]在图#11 中显示，它合成了每 1 个，DGL 项目的响应，结果是 91dB 的直线，如果系统阻抗图#14 现在显示你将看到与图#4 相同的结果但分成了两部分（串联分频中，系统输入阻抗在图#4）这是因为每个 PNL 项目包含完整的回路，每 DGL 项目显示系统输入电阻。

■优化串联分频器

因串联回路的所有元件都包含在每个 PNL 项目中，并总是有相同值，这是很难对其元件进行优化。

8.2 完整的三路 PNL 分频器的音箱系统设计

这一节将提供 1 个怎要完善 LEAP 软件中许多强大能。基于 1 个被动分频器的完整的音箱设计将这程序在 Tutorial（状态不运行指导栏）。

有许多技术和方法属于音箱的开发，它们技术和经验的结果，下面将说明为什么做出许多选择，音箱系统开发不是 1 门精确的科学，而更象 1 门艺术，它并不能带领自己容易的 1 步 1 步进行发展，但下面的讨论将极大地帮助许多用户明白怎样更好地使用计算和工具来完成 1 个更好的和固有的结果。

现代音箱系统开发包含了模拟和分析，并配合了实际数据计算的应用。LEAP 软件提供了必须的模拟和分析工具，但 1 个计算系统是必要的（对更些实际数据）在这个例子中 LMS 分析者被广泛应用阻抗和声学数据这个分析工具被特别的设计用来提供典型的电一声学工程的必要数据的设计，包括 1 个很大的后期运行特征集合，这可极大地加强计算数据的准确性和实用性。

相位是 1 个第重要要的概念，有时是强制制定的。

环境对电声学计算也是一个重要因素，边缘反射的消除是有争议的（如果单纯的换能器响应被得、获得），其中 1 个方法是用门消除反射，这看起来精确，但只能用于中高频，低频仍存在问题，其他方法如近场测算，可获得一个无反射低频响应，但仍不能解决，障板和锥盒的指向性的问题。

因为上述原因，这例子中的数据是单独从无门地平面计算的，这方法提供了很准确的结果（在整个频率范围内单扫描）

■最初的设计目标

这个喇信系统将是 1 个三分频的全频喇叭，可提供低的相调失真和大于 1 分频喇叭的功率承受力箱体设计简单的矩形，适合应用于家庭大房间的立体声放音。

为了提供好的低频响应和低的失真，低音喇叭应用 1 个开孔，频响要求是 40H2-16KH2 ±3dB 分频器为 4 阶（24dB/Oct）分频点为 250H2 和 2.5KH2。

■喇叭选择

按照音箱的尺寸，1个10寸低音，1个4-5寸全音试喇叭1个1寸球顶高音，低音应有1个充足的偏移余量和低于40Hz的F0，30Hz将是理想的，对1个有好的灵敏及低频下限响应的倒相孔，Qts 应合理选在0.3-0.35范围，因为大多厂家给的Qts都于实际量所以需选Q=0.25~0.3。

中频喇叭应有与低频同等的灵敏度，并尽可能产生1个平滑的中频响应。Qts与体积及倒相无关，但与灵敏度有关，高音也应有相同的灵敏度，多数情况下，最好选1个有稍高一些灵敏度的高音，以便其响应可由以后的分频网络修正。

低音	Vifa	P25W0-00-105	10``
中音	Vifa	C13MG-09-008	5``
高音	Vifa	25AG-35-205	1``

这些喇叭满足了设计要求，价格适中，适合使用，低音25Hz比要求低1点，Qts=0.28合适，所有喇叭有相似的灵敏度90dB。

■低音参数计算，物理参数如下：

PZ5 W00fer
Hrc=14mm
Hag=6mm
Sd=0.034M²
Revc=5.72Ω
Dvc=2.3In=0.058 M²

DVC参数是到音圈的参数（从安装平面），这参数后面将用于设立驱动器之间的时间偏移。计算完全的电气——机械参数，1个质量差的方法被利用喇叭被完全刚性固定在两层平面上，58克是增加质量使用频响是10Hz-40kHz，这频率范围被用于所有的LMS计算，并在后面用于LEAP的所月模拟。

另一个阻抗曲线也要考虑电缆的缩短，相位在三条曲线上改变，然后，电缆阻抗被自由空气的质量差的阻抗曲所减，自由空气和质量差的阻抗响应如图8.11。

这两个曲线然后从LMS输出，并理入LEAP，它们被放于2个不同DGL项目，喇叭参数计算（SPM）应用被用来导出参数，图8.12显示了（SPM）阻抗曲线（从实际计诨的两种阻抗所计算），两种情况的误差，图8.13显示了实际自由空气曲线和从参数模拟和参数模拟曲线的两种情况。两曲线在整个频率范围的误差为±5%，说明了它们对应很好，图8.14显示了SPM计算列表的参数屏幕，图8.15显示了最后的TSL项目中给出的P25参数，Xmax大越是4mm。

■中音喇叭计算

C13 中音
HVC=10mm
Hag=6mm
Sd=0.0081 M²
Revc=5.73Ω
Dvc=1.32n=0.033M
Dvc 为从表面到音圈距离
△mass=11.4 克
自由空气和质量差的阻抗曲线如图8.17。

图8.18显示SPM在自由空气真实计算阻抗和自由空气模拟的阻抗图。

图8.19显示了真实自由空气和参数模拟曲线的误差两者在高频段有些不同。

如果要修正误差，Erm,和Krm将被修改因为目的是设计音箱，这不同是不重要的。

■高音参数计算

D25 高音
Revc=4.31Ω
Dvc=0.0In=0.0M
D25 阻抗曲线如图8.23。

■低音腔体设计

通过TSL系统的P25参数，我们应用Quick Cabinet(QC)(快速音箱设计)应用察看什么样的响应曲线是可能的，我们选择倒相音箱用[L]命令选择TSL项目，用[A]进入QC计算桌面。结果显示在图8.27，有三种可能的集合（倒相式）由QC给出，图8.28反映了这3种情况，QC计算出的响应，3种曲线非常近似于Qts中值的曲线。EBS集合能提供更好的低频输出，所以选这类型。QC推荐Vab=3平方尺，Fb=26.6Hz。

现创建了ECL（P25倒相）如图8.29,孔径以1/2P25振动面积计算。

这孔径的 F6 初设为 25H2, 孔径长度 31 寸, 可用 1 个复合孔径 (内长 16 米) 来完成。与 ECL 的创建一起, 1 个包含 P25 数据的 TSL 和这 ECL 项目被共同用来创建 DGL 项目, 这分析以 1 瓦功率半空范围进行, 然后, DGL 被复制 (COPIED) 到别的位置, 第二个复制被使用地面空间位置重新编辑, 这样我们可以知道障板的方向性如何。

图 8.30 显示了 P25 音箱在 2 个位置上的响应, 这两个的区别是障板的方向性的影响结果, 这图说明在 50H2 非常低的范围, 方向性开始上升。

因这音箱设计成室内任间放置方式, 因此我们想察看包括了障板方向性的影响曲线, 如这设计是与墙平齐安放, 我们将选用半空曲线, 因这房间是有限空间, 我们将选用半空曲线, 因这房间是有限空间, 我们推断在低频响应有一个相当的增量, 这使得对中高频而言, 可自由摆放 (对恒定的低频声压) 准确的低音安装位置由使用房间大小和其他因素而定。

因计划的低音频点为 250H2 这位置的方向性可用分频网络来控制, 它现在表现的响应曲线将适应于低音设计。直到后面因别的原因而需修正为止。

图 8.31 显示了 P25 倒相音箱的阻抗曲线, 这图中倒相孔共振频率为 24-25H2 (对双峰情况), 图 8.32 显示了飘移和声音组延时, 在 35H2 达 1.2mm 峰值。这只是 $V=2.83$ 伏时, 因为这喇叭 $X_{max}=4mm$ 线性飘移的极限将达到 15 瓦。

我们通常希望有 1 个更好的喇叭飘移承受力, 但, 这里是 HiFi 类扬声器的大多数典型, 增加线性飘移极限, 将需增加 BL 输出, 这表示 1 个大的音圈尺寸, 大的磁钢, 这是一个更昂贵的喇叭, 在某此情况下, 喇叭被认为可表现出 2 倍的功率 (正常) 30 瓦, 这可产生 106dB 的干净的声学 SPL 这已可以满足家用需求了。

■中音腔体设计

中音选择封闭箱体, 用 [L] 选择 TSL, 用 [A] 进行 QC 计算。

结果如图 8.33, 分频为 250H2, 这不要要求用 1 个此实际需要更多的体积, 而且 Q_b 值低于 2, 而且, 中音腔体将塞满吸音棉, 吸音大大增强 0.2 平方英尺已足够了。

图 8.36 反映了 C13 在两个位位置的响应, 图 8.36 显示出在低的频率上开始产生方向性, 并在整个频率上有一个宽广的增加。

因为计划的低音分频点是 250H2, 这位置的方向性上升将用分频网络来控制。因此现在表现的中频的响应曲线将适合于中频设计, 直到以后它需因别的原因而被改变, 图 8.37 显示了 C13 在封闭音箱中的阻抗响应曲线, 音箱共振频率为 100H2。

图 8.38 显示了飘移和组延时, 在 250H2, $V=2.03V$ 时为 0.25mm, 以 C13 给事实上的飘移承受能力为 2mm, 这表明有更充足的线性飘移可用。在 250H2 以上, 当 X_{max} 极限到达之前, 喇叭将可能被烧坏。

■完整的音箱设计

低, 中音喇叭完成设计后, 可进行整个音箱的设计, 使用 3/4 寸中密板。

图 8.39 显示了音箱设计, 高音尽量向顶部安装, 中音靠近高音, 低音尽量低装, 喇叭到箱体边缘的距离被错开了, 这大大减低了不同频率混合的边缘衍射作用。它看起来对障板中心更加对称, 这过程造成了每边的反射所形成的响应的微小波动。这波动可由后面的分频网络的设计所控制 (但只有增加元件和配件的价格时才能实现), 用放置换能器在距边缘不同的位置, 这一额外的工作可省去。由于障板表面要安放 1 个声学光沫架, 喇叭边因此要埋入障板表。

低音向内理 3/4 (位于付障板上), 高、中音向内 0.25 寸, 所以低音图距离增加 0.5 寸。

■音箱结构

现在可以组装整体音箱, 连线分别接出、真实的阻抗和声学响应可分别测试 (计算)。

■阻抗曲线

第一计算每个喇叭的阻抗曲线, 这计算可把音箱置于地面。

LMS 分析用 10HZ-40KHZ 作为频率范围。图 8.41 低音阻抗曲线 (相位), 图 8.42 为中音 (相位), 图 8.43 为高音 (相位)。对比图 8.41 与图 8.31, 预测的低音倒相频率为 24H2, 非常接近实测。

对比图 8.41 与图 8.37 中音的阻抗预测和实测也很接近。

注意高音图 8.43, 在 25KH2 有 1 个小的突起, 这是球项共振的破裂点, 在这点我们可预测出 SPL 响应有 1 个尖锐的峰或谷, 看图 8.41 低音响应, 在 200H2 有 1 个小的突起, 在低音的 SPL 响应中, 我们也可找到 1 个共振的产生。在跟踪共振或反射的原因和位置时, 这小的阻抗突起常常是有用的, 但是, 并不是所有的 SPL 响应都能在共振时产生 1 个对我们有用的小突起。

■SPL 计算方法

SPL 计算使用地面方法, 要有 1 个较大的平地, 周围不能有大的平面包围, 如墙、建筑, 最近的墙要 20 英尺。

箱体放于室外, 并抬起一个小倾角, 话筒放在与高音同一直线的地面上, 距离 1 米, 如图 8.44 电压 2.83V, 使用 18 股双组线, 25 英尺长, 为 0.3Ω 电感 0.005mH, 这数据在曲线输入 LEAP 时将被使用线路对响应的的影响很小, 可在这里追踪到, LMS 分析器使用 10H2-40KH2 频率范围, 200 段取样显示高的解析变。

图 8.46 显示低音响应, 200H2 有小谷, 应消去这点; 图 8.47 显示了中音响应, 1300 有小谷, 应消去; 图 8.48 显示了高音响应, 4500H2 有小谷, 这是 1 个 3 英寸波长的波, 是喇叭办内部驻波形成, 能尽处理这问题还值得怀疑, 25KH2 破裂点可用高音的设计来控制, 这高音已适合使用, 但低音和中音的两个问题 (200H2), (1300H2) 将进一步被调查。

■调查低音喇叭的 200Hz 突起

解决这神秘的 200Hz 突起，可能有两个原因被考虑（a）因喇叭折边和锥盒引起；（b）从箱体的某处发出。

第一个假设可从察看阻抗曲线考虑，在图 8.11 自由空气响应时，没有这小突起，说明当喇叭装入箱子后产生了这个突起。

第一步确定共振缺陷的原因是波长，大多数声音起是由驻波反射，回声引起，它与一个特别的距离或面板尺寸，或内壁，或边等有关，在许多因素中，半波 1 个与箱体尺寸有关的重要距离，因为声波被典型地限制在面的两端，或释放在面板边际的末端。

计算得出 200Hz 波长 5.7 尺，=68 英寸，半波为 34 英寸，现在，我们开始寻找，34 寸的东西，首先箱体高 32 寸，这很近于 200Hz 半波，这小突起可能由于音箱面板高度尺寸引起的尖锐方向性上升引起。

验证这理论可改变面板尺寸，如图 8.49，关利用另 1 个 SPL 来察看区别，这 200Hz 的振动，让 LMS 振震器发出 200Hz 振动，察看板子围边，也没有大的振动，但在喇叭右下部和倒相孔下面的箱底，有个明显的振动，也许是倒相孔周围的面板有紧固，检查这里，倒相管被大量吸音棉填充，而用喇叭正下方增加了一个连续倒相顶板的加强条，如图 8.50 这响应曲线显示了某事开始发生于 200Hz，然而，低频输出也被减弱了。

这问题看起来与倒相孔区域有关，但确切的原因是什么？而另外的东西是否与 34 寸有关，这是倒相孔长度 31 寸，倒相孔自身有 1 个自身固有振震，34 寸正适合这孔的振动尺度，200Hz 正好是倒相孔内的驻波所产生。

振动表面的位置现在也可以看出来了，当倒相孔以自身共振被激励，孔的末端有 1 个极的声压内部倒相孔△的开口处的障板也严重地振动，回样的还有近于孔口边的音箱底板。

为避免这问题，在孔口胶合了 1 个塞子，低频响应如图 8.51 所示，200Hz 的突起几乎消失，但在内部仍有 1 个小的 200Hz 的因素，（长孔）已尺构成问题。这问题不能用塞住孔径解决，也不能有增加孔内吸音棉来克服这降低了低频输出，另 1 个方法将被使用。

当低音箱设计时，只在很低的频率上用了非线性模型来检查倒个孔的表现，LEAP 同样也提供了 1 个分析，音箱的倒相孔驻波模型，这可由 SCP 值来实现，当它用来运行后面的倒相孔时，SCP 控制的非线性倒相孔模型将自动被取消。这两种模型不能同时使用，然而低音音箱将首先被每 1 种方法检验。

如果驻波模型可用，在 LEAP 中进行低音分析，曲线将如图 8.52 所示，看，LEAP 已为我们预测了这个问题，但这并没有被特别要求过。

这倒相管共振的定位成了 1 个问题，因为它正好位于低音喇叭使用的那频段上，低音分频点为 250Hz 如果这是 1 个边界峰或谷，也许可以用分频网络做一些控制。但这个尖锐的共振（象这样的）在最后的系统响应中到来。

■修复 200Hz 倒相共振

吸收这共振（在可用水平上），如果不使 30Hz 区域的倒相损失产生是不可能的，这是 1 个普通的问题 1 个好的方概是转移它们，但这经常由于它是箱体的另 1 因素所需要的东西，而无法完成，因此有效的办法是转这个共振频率为另 1 个尺很严重共振的频率值。

为了改变这频率，倒相孔的长度要改变，减少面积就可以降低孔长度，这将移高孔共振频率，如果频率推上 250Hz，这频率增定位于分频器分频点以上，分频网络将减少低音在 250Hz 以上的输出，共振也在最后的系统影响中变的非常小，主要的 SPL 声源（高于 250Hz）将是由 C13 中频喇叭所产生。

新的倒相孔将有 1 个 1.5`x15`或 22.5 平方寸面积 16 寸长，28Hz 倒相频率。这移孔节振频率到了，340Hz 如图 8.53，孔的非线性特征没有更加恶化，号是在低于 20Hz 有 1 个适度的增加（SPL）这箱体的设计将需要改良。

■调查中频 1300Hz 波动

中频这突起没有在阻抗曲线上出现假设是喇叭自身问题，更换 1 个喇叭 Bravox533 其响应曲线如图 8.54，其有问题的波动有不同的形状，但 1300Hz 仍有 1 个谷，这说明不是喇叭，而是箱体问题。

仍考虑箱体的半波共振问题，计算得出 1300Hz 波长 $\lambda=10$ 英寸，半波长为 5 寸，现在我们寻找与 5 寸有关的箱体构造。

第 1 个经验位置是低音喇叭开口，这里有 1 个大的 10 寸的凹陷，它开始于中音喇叭边缘与 5 寸处的面板上这可能形成 1300Hz 的下降。

Vifa C13 重装上，用板材胶合在低音喇叭孔上，重新运行频率，图 8.55 显示结果，1300Hz 的低凹仍出现，但 750Hz 被抬升了，2dB（与图 8.47 相对比），大的低音锥盒引起了 500-1000Hz 的下降，但与 1300Hz 无关。

看另一个原因，C13 缺少 1 个低折环，这留下了 1 个大小为 5 寸的环，这个高出了喇叭边 1/4 寸，也许这引起了反射（从边向锥盒），为验证，用粘土填充喇叭环边缘以产生 1 个边缘和障板的光滑的过滤，结果如 8.56，没有 1300Hz 的明显改善。

继续进行 5 寸尺寸的寻找，中音箱的内尺寸为 4x4.5x15 寸，4、4.5 近于 5 寸，也许是 4 和 4.5 寸内空间产生的驻波导致了 1300Hz 谷，验证这可能性用填充足够如图 8.57，这次与 8.56 相比，有了 4x4.5 寸音箱中产生了 1 个强烈的驻波，解决这问题并不困难。

■解决 1300Hz 的箱体

用吸音棉仍有 1 个小的谷，吸收 1 个声学共振非常近似于改变 1 个 LC 共振加路的 Q 值，增加阻抗将降低 Q 值，但共振实际上仍存在，应当两者共同使用来决问题。

箱内驻波可用减少平行内壁的办法来除去，因为这箱体 15 寸长，4 寸和 4.5 寸尺度有很长的平面来相对反射，这在 15 寸，4 寸和 4.5 寸尺度有很长的平面来相对反射，这在 15 寸长的箱体内壁之间产生了很长的反射。

内部的平行平面可用分割音箱的办法处理。

■1 个修正的新音箱

倒相孔长度变成 16 寸，可直接 1 条完成，底部加 1 个垫子以保持障板高度。

对应这个新的初始型设计，将需要建立 1 个新的阻抗和 SPL 曲线，来反映这设计的改变。

■修正音箱的新运算

现在，重新三段频率上的阻抗曲线（3 包括相位曲线）如图 8.61、8.62 和 8.63。

倒相频率变成 24Hz 至 28Hz，C13 和 D25 与先前的设计没有大的变化。

SPL 曲线可重新运行，象以前一样，箱子是放在地面进行计算，图 8.64、8.65、8.66 反映了结果，这些曲线将作为初始的 SPL 曲线提交因为我们马上要进一步的程序。

如图 8.64 所示，倒相孔的峰和谷移到了 300Hz，但最后的孔稍长于用于 ECL 试验设计的那个，这在 250Hz 以上并被分频器减弱（极大地）这使得前面 200Hz 的 D 谷有了 1 个明显的改善，这可明显的出现于最后的系统响应中。

中频 C13 在内，1300Hz 上显示了 1 个改善 1300Hz 的箱振谷不见了，对 250Hz 至 2500Hz 的分频器，这中频喇叭的响应相当平滑，并可很好地工作，D25 响应同以前一样，除非相对障板尺寸的改变发生了变化。

■初始 SPL 数据的尾部曲线修正

当我们面对驱动器响应数据的最重要的方面，这响应曲线包括了在相位转变方面产生的问题的人为成份，当相位在 LEAP 或 LMS 中转变时，在曲线的刻度范围内（如它达到的频率范围边缘）将作为 1 个渐近线（它映射出超出计算范围频率刻度范围，因为只有 10Hz——40KHz，范围外的数据必须被外推。

假设重要的和有关的数量变化都发生于测算图范围内，而范围之外的变化都保持 1 个固定的斜率，如果这假设是真的，相位转变将产生 1 个非常突出的结果，幸运的是，这假设常是正确的。

用 10Hz——40KHz 的范围产生 1 个优秀的结果，如果范围下限只 20Hz，那么许多被动除的低音喇叭的行为将不能被看到，同样如果上限只到 20KHz，球顶高音的共振将不能被看到，（因为它发生在 25KHz）。

为了能使相位转变的数据数值正确的延长（外推），我们必须确定频率范围两端的正确斜率有两个典型的误差来源，（a）在频率范围末端驱动器的响应表现的非常活跃，（b）背景噪声产生了 1 个高于真实驱动器水平的任意响应。例如图 8.64 低音响应的表现，在低于 15Hz 和高于 20KHz 的频率有明显的背景噪声。

LMS 软件程序你作 Tail Correction，它解决了计算数据时的这类型问题，这一过滤程序允许你选择 1 个转换频率。然后修正高于这点或低于这点的斜率，在选定的频率上，它改写出新的数据。

在图 8.64 中，低音喇叭的影应在低于 15Hz 被噪音所影响。在高于这频率范围内，它以斜率为 24dB/Octave（倍频）发展，在 20KHz 低音的数据失去了准确性，察看曲线，平均的发展斜率为 12dB/倍频，因此，在高于 20KHz 时，曲线也应是 12dB/倍频结果显示在 8.67，频率转折点用方块标出。

如这图上曲线，频响是一个更好的驱动器响应也有一个可预测的到达末端的频率。

这些曲线清楚地证明了象声学响应数值一样的清晰的传输功能，当相位转换出现在每个曲线上，1 个正确的相位描述将被导出，如果相位转换是以原始的粗略数据表示，则相位响应也是不可预测及错误的。

正确的相位数据是生成精确的声学系统响应的最基本的要求。延时也可以以相位的形式表达源于初始 SPL 响应的相位数据很易拥有 1 个错误的埋于结果中的延时，这错误的相位数据将使驱动器从它的真实位置产生飘移，进而导致 1 个错误的模拟和分析。

使用 SPL 响应的正确尾部数据，在 LMS 系统中最小相位转变可产生于每个曲线，图 8.70、8.71 和 8.72 显示了最后的声学换能器数据的相位及响应。相位数据可认为是具有 0 延时并与每个换能器的音圈位置相关，这就是为什么每个换能器的延时位置计算是基于音圈位置。

这些曲线将提供最后的换能器的 SPL 响应数据，可用来设计任何的换能器，但注意这响应数据是考虑了 0.3Ω 和 0.005mH 的电缆得出的，这不是零电源电阻，LEAP 将在数据输入后自动修正这问题。

■输入数据到 LEAP 中

如图 8.61、8.62、8.63 的最后的换能器阻抗曲线被从 LMS 中输出，（作为 GDT 文件）象最后的换能器 SPL 曲线（如图 8.70、8.71、8.72），这些被直接放入 LEAP 系统的 ZIMPORT/and SIMPORT Subdirectories respectively.

现在我们回到 LEAP 并输入文件到 3 个不同的 DGL 条回，它们包含了应用于低音，中音，高音的设计，每个 DGL 项目将有 1 个阻抗曲线和 1 个 SPL 输入曲线，阻抗文件在输入 SPL 文件之前必须首先输入每个 DGL 项目，而且，开始任何输入之前，必须建立 10Hz——40KHz 的 LEAP 系统频率范围，当阻抗文件被输入后，每个 DGL 的阻抗范围将被设成同样的频率范围。

因为 LMS 产生的阻抗数据是正确的，选择的是真实的数据，刻度为 1.0，SPL 曲线被输入到每个 DGL 项目。因为只有轴向数据被使用，所以曲线也是作为轴向的数据而输入（而不是功率响率），如果我们对非轴向响应，数据象先前的 SPL 数据被预备，被当作功率响应输入，设计程序将简单告诉你在 DGL 项目中什么图形式数据集后，将被用于显示和贮存，你有两种不同的 SPL 数据设定可以用于工作。

当 SPL 数据初输入，你要输入几个参数。

驱动电压 2.83V 参考距离 1m，没有延时补偿用于这里，所以，这延时参数为 0.0 米，LMS 计算了单纯的 SPL 水平，所以没有额外的 SPL 数据，补偿是 0dB。

最后要求电缆电阻和电感，数字来源于 Wire Table Utility（线缆桌面庆用）等效线缆电阻为 0.3Ω，电感为 0.005mH，利用这数值

LEAP 将自动修正 SPL 数据（利用 DGL 项目中先前输入的换能器阻抗），并确定线缆上的驱动电压分量，这就是阻抗数据必须先输入的原因，现在存入 DGL 项目的 SPL 与先前的原始 SPL 数据有稍稍的区别，这是考虑了线缆阻抗的影响造成的。

利用现在输入的换能器数据，分频器设计可以进行了主 DGL 图 F8 将显示输入的换能器数据，但 SPL 数据才能显示在 F1 图上直到 DGL 项目被分析后为每 1 频段。

■创建 3 个 PNL 项目

现在，需为每个 DGL 频段的设计开始一个 PNS 项目。这将保持每个 PNL 用于 1 个固定 DGL 项目。

每个 PNL 项目设有初始原件，只有名称，下一步编辑每个 DGL 项目并选择合适的新 PNL 项目，AFL 可选用空格在编辑的最后，DGL 的分析将进行这可以使最初的换能器 SPL 数据出现在 F1 图上，分频网络没有任何元件值在里面，所以响应将是单纯的换能器响应。结果如图 8.73, 8.74, 8.75 所示。

■创建低音和中音的延时位置

相邻的每个换能器的位置必须考虑进 DGL 的运行程序中，这可以使用 DGL 修正文件，低音音圈下陷 2.3 英寸，并有 1 个 0.5 英寸的障板凹陷，总延时距离为 2.8 英寸，即 204 微秒延时，如图 8.76 所示，延时在高频段产生了大量的循环。

中音下陷 1.3 寸，延时 95us，1 个 95us 的延时滤波器放中中音 DGL 项目，如图 8.77 高频段有许多循环。

因延时量输入了 DGL，所有 SPL 响应计算都包括了位置补偿，这将使系统模拟更精确，（此模拟将影响中高音之间的分频器的设计，在中、低音之间的延时将不重要（因为 250Hz 区域的波长很大）。

■低音分频网络设计

使用 Grossover Designer Utility 确定原始元件的初始值，对于这个分频器，1 个 4 阶的全通式集合将被选用（Lindwit2-Riley），频率是 250Hz，低通滤波器当然要应用于低音部分。

最好是选用 allpasstype alignment (6dB 下降在 F0) 用于偶数阶分频器，Butterworth type alignments (3dB 下降压 F0) 用于奇阶分频，这样可产生平坦的响应。

获得初始的元件值

确定 1 个粗略的元件起点，分频设计应用工具的低通部分被输入参数 Type=4thLR, F0=250Hz, RL=8 Ω ，得出元件值，L19.6mh, C1=126uf, L2=4.8mh, C2=28uf.

我们可以用这些数值开始设计，随着设计向最后目标的接近可修改这数值在输入这些数值到 PNL 低音项目中之前，最好开始计划电抗中所包括电阻元件的数值。

估计 ESR 元件

几乎所有的电感和电容器有 1 个等效的串联阻抗，附加值元件，可被认为是电抗元件的组成部分，1 个好的例子是 DC 电阻（电感线圈），当这可被看成 1 个用 DVM 计算的简单的值时，它的频率失掉 1 部分，而由铁芯产生的阻抗并不失去，电容也有 1 个 ESR 它是元件内部的损失，大多数情况下，ESR 不被确切了解附加 ESR 元件的形为非常复杂。

为了提供 1 个损失电抗元件中的附加元件的 1 阶近似值必须在每个电感和电容上增加 1 个固定电阻 0.5 Ω 对电感 (ESR) 0.25 Ω 对电容 (ESR)。

输入初始值到 PNL 项目

图 8.78 显示了用于低音的 PNL 的初始值，4 个电阻用于表示 ESR 元件，并给出了名字以标明属于哪个电抗元件，给出名是很重要的，它将帮助你确认它们所表现的功能，当最后这些元件被显示在优化图上时，没有名字而观察这些元件的用途是很困难的，在优化中 8 个元件都被加上了名字。

建立低音 DGL 项目的优化

因 DGL 项目自己在前面分析过，任何对于初始 PNL 项目的改变都自动初优化所修正。尺必对 PNL 项目的变化进行 DGL 的重新分析，优化工具很注意这些问题。

我们将向 1 个目标功能优化这 DGL 项目（使用单独的 PNL/DGL 优化工具）进入优化菜单，按 [1] 选单独的 PNL/DGL 优化器，低音 DGL 条被选，目标功能选择是：4 阶平滑高通，4 阶 LR 低通，4 阶 BW 高通被选出用来提供 1 个合理的响应，这将带来 1 个音箱设计的低频衰减形状。

DGL 和目标选定后，我们按 F1 优化图形，现需要设立频率和目标水平，高通频率设 30H2，低通频率设在 250H2（为分频点），当选定 1 个目标水平，起初并不清楚目标在哪里，作为出发点，目标设为 92dB，如改变喇叭灵敏度，则需要改变这目标值。草稿线将设在 45H2——1200H2 作为第 1 优化条线，结合优化选出的 L 和 C，图 8.79 显示了为第一条线作的精制的优化图。

优化第 1 条线

看图 8.79，60H2 有个 8dB 峰，这对应于常有网络阻抗的换能器的阻抗峰，对优化器第一次运行，我们将看一看优化器能否调整 L 和 C 元件以更好地适应草稿线设在 45H2——1300H2。

当优化运行后，结果如图 8.80 所示，DGL 响度在 200H2 以上更接近目标了，但 60H2 没有改善。

为了解决 60H2 峰，1 个共轭 RLC 单元被试用，60H2 作为起点。

离开优化工具，Conjugate Network Designer 被使用，编辑屏幕的计算特征被使用，以得到 60H2 共轭电路的初始值，进入任 1 个，

RLC 列表组。输入 $F=60\text{H2}$, $Q=0.5$, $R=8$, Q 值和 R 值都是猜的, 应用工具算出, $L=11\text{mh}$, $C=660\text{uf}$ 现在模拟的 PNL 项目和回路包括了新的共轭部分如图 8.81 所示, 因为 RLC 共轭是串联的, 只需标出 1 个等效电阻, 共轭元件以厂命名, 现我们回到优化图, 优化在包括了 RJ、LJ、CJ 后进行修正响应如图 8.82 所示, 是包括了共轭电路的响应。

优化第二条线

草稿线仍设定在 45H2 —— 1300H2 , 让优化工具调在 $L1/C1/L2/C2$ 值以适应新的共轭路。增加的共轭电路已降下了 60H2 峰, 但我们需要新的 L/C 值, 因为阻抗已被共轭电路改变了。

当运行第二条优化线后, 响应如图 8.83, 这已接近标目很近, 共轭了解决了 60H2 的问题, 但共轭的数值没有达到最优。

优化器的第三条优化线

这一次, 因已很接近目标, 为所以使用 $L1/C1/L2/C2$, RJ, LJ, CJ 设优化点为 40H2 —— 700H2 运行后, 响应如图 8.84, 这非常接近目标, 现在只需确定 92dB 的上限看是否与别的频段响应相适应, 如不适应, 要化很多时间时重新优化。

图 8.85 显示了最后的低音分频器图纸, ESR 是 0.5Ω 和 0.25Ω , 直到我们可确认最后的元件值将产生什么数值为止, 那时, 更合适的 ESR 值将被选出。

$L1/C1/L2/C2$ 都是必须的, 共轭电路需回来控制低频阻抗, 最后的共轭端阻抗是 55H2 。

■中音分频器的设计

中频分频设定 250H2 —— 2500H2 , 4 阶高通, 4 阶低通。全通 (LR) 集合将被使用, 利用 Crossover Designer Utility (分频设计工具) 来提供初始值负载为 8Ω , 对于低通 $L1=0.96\text{mh}$, $C1=12.7\text{uf}$, $L2=0.48\text{mh}$, $C2=2.8\text{uf}$, 对高通, $C=42\text{uf}$, $L1=3.2\text{mh}$, $C2=84\text{uf}$, $L2=14\text{mh}$. 使用单独的 PNL/DGL 优化器。按 F1 进入优化图, 设 250H2 —— 2500H2 , 目标 92dB . 对第一条线运行, 首先调节高通部分, 40H2 —— 900H2 。

现在, 低通滤波单元调整, 用于目标曲线的高频部分, 设定 700H2 —— 10KH2 。

第三次优化

因曲线很近目标, 我们让优化运行充分考虑所有的阻抗元素, 草稿线也要很宽, 通过整个中频隆起设为 80H2 —— 8KH2 。

如图 8.93, 但两端的响应下降很快, 象大于阶的网络, 因我们已省略了 $L2\text{HP}$, 现在省去 $C2\text{LP}$, 变为 1 个套三阶网络, 按 D 让 DGL 重算响应。如图 9.94, 两端正常了, 但 1KH2 有波动, 这样, 我们继续优化过程。

第 4 次优化

这次锁定 $C2\text{LP}=0.01\text{uf}$, 看起来象开路优化其他元件值。图 8.96 显示了最后的中频 PNL 项目和网络图纸。

■高音网络设计

选择 4 阶全通集合, 2500H2 高通滤波器, 输入 $\text{Type}=4\text{thL}$, $F0=2500\text{H}$ $RL=8\Omega$ 到 Crossover Designer Utility, 以确定元件参数, 计算得 $C1=4.2\text{uf}$, $L1=0.32\text{mh}$, $C2=8.4\text{uf}$, $L2=1.4\text{mh}$, ESR 为 0.5Ω 和 0.25Ω 如图 8.97。

为高音 DGL 项目设立优化器

使用单独的 PNL/DGL 优化器, 高音的 DGL 被选择, 按 F1 进入优化图, 现需设定目标的频率和水平, 2500H2 高通滤波频率, 99KH2 为低通滤波频率, 这样, 只设立高通目标响应, 水平为 92dB 。

第一次优化

草稿线设在 500H2 —— 15KH2 , 它覆盖了由 $C1/L1/C2/L2$ 控制的大多数区域。

优化运行后, 如图 8.99, 600H2 —— 2KH2 已向目标靠近, 但 10H2 —— 15KH2 没有改善。

为了适应中、低音喇叭, 我们需衰减高音喇叭作为第一次尝度我们增加 1 个串联电阻, 因为串联了 1 个衰减电阻, 现并联可提供 1 个额外的高音提升, 这样可使高音平坦地达到极大值。

优化使 $L2$ 变为 33mh 对并联电感 (在 2500H2) 的高通滤波中) 而言, 这是一个很大的值, 这反映了也许这个元件是不需要的, 这个元件就被移走。

回路和 PNL 项目包含了新的衰减和提升高音的帽子进行了新的模拟, 如图 8.100 所示, 我们猜测衰减电阻为 6Ω , 电容 $=1\text{uf}$ 。

现重新回到优化图, 响应如图 8.101 所示。

第二次优化

仍保持 500H2 —— 15KH2 不完, 对 $C1/L1/C2$ 及新 RPAP/CBST 进行优化, 通行后, 结果如图 8.102。

现在已很接近目标, 现我们察看整个系统的响应, 看一看, 低音、中音、高音的组合是什么样子。

■系统响应的优化

主 DGL 显示图将用来显示 3 个 DGL 项目, 图 8.104 显示了分别的 SPL 响应曲线 (图 F1 的 3 个部分) 相位曲线被关闭以减少混乱。

图 8.105 显示了图 F4 中的各自的输入阻抗。

图 8.106 显示了组合的系统响应 (由 3 个 DGL 项目组合而成) 对第一次运行这图形, 它并不坏, 响应在 $\pm 3\text{dB}$ 内, 但它仍可以改善, 相位被显示出来。

注意如果在分频点上响应曲线有大的分裂需调整 1 个或多个 DGL 项目的相位, 这可用 1 个 DGL 修正相位滤波器完成, 或者只简音调换 PNL 项目中的 Zec1 节点。

图 8.107 显示了组合系统的输入阻抗, 这是放大器所面对的阻抗, 这是 1 个由 3 个网络并联而成的网络。

这阻抗保持了 1 个合理的水平，图 8.108 显示了网络图纸，下一步进行全系统的优化，利用每个分频点的 1 边进行优化而另 1 边锁定，自由的两端将使优化反分频点堆向任何我们希望的位置。进行这优化时可以看一看是否可省去一些元件，这可用人工办法，让一些元件值变的很大或很小，让它们开路或短路，画一个图放在面前，可看见哪个元件需要断开或短路。

■ 设立系统的优化

从现在开始，系统的 PNL/DGL 优化将被使用，选作优化的 DGL 项目，与那些 DGL 显示图中的相同目标选择是 1 个平坦的低通滤波和 1 个 4 阶 BW 高通，高通滤波被用来提供一个合适的让音箱衰减的复制品。

现在大量的元件出现于优化表中（当优化图被显示出来时）所有从 3 个 DGL 项目中被优化标出的元件将被列出，因许多元件有相同的名字注意中输入元件名称和数据的 PNL 号码是很重要的，这样你可容易看出哪个元件属哪个 PNL 项目。

第 1 次、第 2 次优化

因为基线的水平是 92dB 因此，目标水平也设定在 92dB，在系统优化中我们使用相对平坦的响应单独优化，用 10dB 作为 1 个刻度，系统优化使用 5dB 为 1 刻度单独优化，用 10dB 作为 1 个刻度，系统优化使用 5dB 为 1 刻度。

从高音开始，草稿线设为 1200H2——17KH2 优化选出了 C1/L1/C2，PRAD，CBST 如图 8.109 显示了开始的响应和范围设立。

图 8.11 反映了第一次优化结果，响应被改善，注意 C2 增至 11uf，这很大而且说明 C2 没有对响应作多大贡献，作为式验，设 C2=999uf，使它看起来象短路，DGL 响应被重新计算，如图 8.111 所示，响影只被影响下降了 0.5dB。

C2 设为 999uf，RC2 也被设为 0.01 以便移去并列的 ESR，图 8.112 显示了第二次优化的结果，它看起来真不需要 C2，因此可永久移去 C2（从分频网络中）。

第三次优化

现我们没草稿线的范围为 500H2——6KH2，工作中频分频网络的低通边。L1/LP/C1/LP 和 L2 LP 被选出进行优化，运行优化后，注意到 L2LP 被降到 0.21mh，这电感还小于其他电感，因此对响应设多大贡献，验证这情况，可以设定电感为 0.01mh，并列 ESR 设为 0.01 Ω 以使他们处于短路状态。

图 8.113 显示了第三次优化结果，2500H2 分频点上已很光滑，并且我们已除去了高音和中音网络中各自 1 个元件，C2，L2LP。

第 4 次优化

现在优化 250H2 分频点，从中频网络高通端开始，草稿线将被放在 100H2 和 1KH2，C1HP，L1HP，C2HP 将被优化。图 8.114 反映了优化结果，两电容器的数值误差并不大，它他是必须的 C2 不能被除去。

第 5 次优化

现在考虑低高网络的低通滤波，设草稿线为 55H2——550H2 L1，C1，L2，C2 被优化。图 8.115 显示了优化结果，4 个元件的数值相差不大，它们都是必须的，这将是最后的响应，元件值将被用来构造分频器，频响是 35H2——18KH2 ± 2 dB，分频网络将被制作并进行设计试验。

图 8.116 显示了三个 PNL 分频网络最后的图纸和数值，这些数值将用于原型分频网络，ESR 电阻也必须考虑为元件的组成部分，而不是分立元件，只有 2 个电阻是实际存在，RPAD=90 Ω （高音）RJ=70 Ω （低音）。

当分频器被构造接近标准值时，某些元件将发生变化，在某些情况下，多重电容被用来形成某一需要值。

■ 分频网络的原型构造

在中、低分频网络，标有比线的电感是铁芯电感其他为空芯电感，所有低于 10uf 为摩膜电容，大于 10uf 为电解比极电容（双各的）两个电阻为 10 瓦的线绕电阻。

元件的误差问题

最好是每个元件有我们的希望值，误差 $\pm 5\%$ ，但这不是现实的。几乎所有被动分频型元件都有 1 个 $\pm 20\%$ 的误差，这看起来不大，但 10uf 的电容器，可能只是 8uf 或 12uf，这误差在容许范围，但它们的影响结果会变大，在响应曲线上，10% 的元件值变化可引起 1dB 变化，优化中我们不得不控制很多小于 1dB 的起伏，而 20% 的变化将产生非常不同的曲线外型。

元件值的频率相关问题

误差不是唯一的问题，电容和电感是在特定频率上计算的，例如 1KH2 是计算 RLC 电路的典型频率但这不是可调整的，当元件被测得很准时，并不能说在另 1 个频率仍是这样。

例如铁芯电感，在 1KH2 被高精的 RLC 桥测算的数值，可能与在 250H2 分频点上表现的数值有很大的不同，票脂薄膜容在 1KH2 的数值比 20KH2 时小 10%，其他的误差来源，对不同的功效驱动水平，铁芯电感有不同的值空芯电容也会有误差，电路中早容并列可引起飘流电磁场激化加强。

■ 带有原型分频器的音箱的测算

与分频网络一起，阻抗和 SPL 响应的测算将分别然后作为 1 个系统进行。图 8.117 为分频网络的各部分独立的阻抗响应；图 8.118 网络的合成响应；图 8.119 为网络各部分独立的 SPL 响应；图 8.120 为网络的合成 SPL 响应。

全部的结果已非常接近设计予想，不同的地方是由我们对 ESR 值粗略的猜测，以及不确定的 L，C 值引起。

最大的不同表现在中频，这里没有被抬起是因为这里的元件多，因而元件误差的发生机会较多，也许是太多的元件 ESR 引起电阻衰减，而我们没有准确的量值。

■利用原始测算数据修正元件值

因为我们有了系统范围内每个部分的实测阻抗和声学响应数据，我们可以用这数据修正元件值，并可改善我们对 ESR 阻抗衰减的估计。因为我们知道每部分的实例值，也知道 SEAP 分析值，两者的不同可用来确定，真实的有效元件值。

利用每 1 个实例 SPL 响应曲线作为常规目标，对相同类型的部分进行优化，优化器将调整用于模拟实际结果的元件值，这以后我们可以利用改善了的数据值进一步进行优化，以便产生精确的结果。

从 LMS 中输出分立曲线（高、中、低段）

第一步是输出分立的分频曲线到阻抗和 SPL 响应中曲线由 LMS 出来，进入 GDT 文件，将有 3 个阻抗文件和 3 个 SPL 文件，它们是图 8.117 和图 8.119，不需要相位数据（对阻抗和 SPL）也不需要尾部修正只有坐标数据是必需的。

输入文件到 LEAP

现在阻抗曲线被输入到 3 个不同的 DGL 项目，（这我们将称作低高、中音、高音的常规目标），当阻抗数据被输入后，你可以输入 3 个 SPL 响应到同样的 3 个对应项目中，你应该使用与前面计算时相同的线缆数据。

分析常规的 DGL 目标

对于现在输入的目标数据，3 个 DGL 将被分析，以便生成轴向的 SPL 响应曲线。可利用 DGL 区的空白 PNL 和 AFL 项目的选择，新的 DGL 项目能被显示在主 DGL 图 F1 上，也可被优化器用作常规目标响应曲线。

对常规目标设立优化器

现在，我们可进入单独的 PNL/DGL 优化菜单，选择包含低音模拟（作业 DGL 项目分析的）DGL 项目进行优化，下一步设立 1 个目标滤波对 FLAT，设立另 1 个对 DGL，你将被要求选择 1 个你想用作常规目标的 DGL 项目。因此，选择 1 个你已经改善过真实低音数据的新的 DGL。

现在我们运行优化曲线，因为我们的常规目标已经处于正确水平，我们只需设定目标补偿为 0dB，图 8.121 显示了低音优化的初始显示，原始的响应予测事实上很接近实测的响应（象这图证明的那样）。

对 DGL 进行常规目标优化

对自身的实测响应进行优化模拟的优点之一是，所有小的波动在两者中是相同的，这允许优化器可精确对比两者，它们自然的吻合。

开始低音优化，草稿曲线将被设定 20H2——300H2，这次，我们让优化调整 ESR 值，以使它们和其他元件一起被优化，我们将锁定共轭元件，因为他们的元件阻抗上下移动太大，图 8.121 显示了初始响应，图 8.122 显示了最后结果，注意元件值的变化。初始状况已经很合适，但有些值也被调节以产生更好的适应，这些是有效值，它们是那些我们认为在网络中可以进行物理改进的数值。

现在，同样的过程被运行于中音 DGL 项目，这次，所有的元件被选出进行优化，设草稿线为 120H2——4KH2 初始响应如图 8.123 比低音的情况离开的更远，当它除去了 C2 值后，就与初始被想象的情况大不一样，图 8.124 显示了最后结果，这是非常重合的情况。

现在，同样的过程在低音 DGL 项目中重复，同样所有的元件选出进行优化，设草稿曲线为 1500H2——15KH2，初始响应如图 8.125，象低音一样中起点非常接近，图 8.126 显示了最后的结果，现在几乎完全重合在 30KH2 有一点不同，可能是因为话筒的位置与原始的测试位置有些不同。测算是相距几天进行的，在这频率上，1/4 英寸的距离将产生一个差别。

■Optimization for Final Trim

省

■最后修饰性优化

图 8.127 显示了从 LEAP 予测的系统 SPL 响应。图 8.128 显示了实测的系统 SPL 响应，实测的响应降低了大越 0.4dB，因线缆损失。图 8.129 显示了从 LEAP 予测的系统输入阻抗，图 8.130 显示了实测的输入阻抗。

最后的被动与频网络的回路图纸显示图 8.131.

8.3 一个完整的 3 路主动分频系统设计

发展过程以指导的方式显示。

主动分频网络的设计比被动类型的分频网络更容易更快。有 3 条原因（1）换能器阻抗不是重要的并不作用于滤波器；（2）元件本身有更高的质量和准确性；（3）没有必要受被动网络那些考虑元件的 ESR。

当设计主动分频器时，有两个不同的方法应用于最后的滤波器：1 个可以调节频率和斜率（根据需要）的标准电子分频器；1 个完全定制的电子滤波回路。它是为完成优秀的滤波要求而被设计的，在现在的这例子中，我们将设计这个定制的滤波回路。

在 8—9 页所讨论的声学相位和环境因子同样应用于主动分频的开发。同样的尾部修正和地面测量也同样用于这里。

除去音箱开发过程的重复，源于前面部分的最后的音箱设计将重新被用于在这里，修正音箱设计（8-51 页），和修正换能器 SPL 响应数据（8-55）都将被应用。

假定读者已熟悉基本电路设计，这节中的滤波回路设计将非常简单。当使用主动分频器时，要使用多个功放，每个频段需 1 台功放，在实际中，这些功效对于低、中、高音应刻是不同功率的，因为各喇叭的功率要求不同。这些功放拥有或不拥有同样的增益，而不管它们的最大输出是多少。如果增益不同，这不同将为了各频段间需求的倾斜水平而被充分考虑。

■原始的设计目标

同被动分频内容。

■ 音箱设计和换能器参数

音箱如图 8.132 详细图纸见图 8.133 换能器的阻抗曲线见图 8.134, 8.135, 8.136 最后修正的 SPL 响应曲线如图 8.137, 8.138, 8.139 这将于主动分频的设计。

■ 输入数据到 LEAP 中

换能器阻抗曲线作为 GDT 文件从 LMS 中输出最后的换能器 SPL 响应也同样被输出, 他们被直接地放入了 LEAP 系统的 ZIMPORT/and SIMPORT、sub-directories.

现在, 我们回到 LEAP 输入文件到 3 个不同的 DGL 项目, 这些将包含低、中、高音的分设计。每 1 个 DGL 项目将有 1 个阻抗曲线和 1 个 SPL 曲线被输入。阻抗文件必须先于 SPL 文件的输入而首先输入每个 DGL 而且, 在任何输入之前, LEAP 的范围将被设成 10Hz-40kHz, 当阻抗文件被输入, 每个 DGL 的频率范围将被设成与上面同样的范围。

因为产生于 LMS 的阻抗数据已经是正确的真实的数据模型是以 1.0 的比例被选择, SPL 曲线被输入到每个 DGL 项目, 在这情况下, 只有轴向数据被利用, 所以这一数据将作为轴向数据被输入, 而只考虑任何功率响应(非轴向)的输入。

当 SPL 数据被输入, 你将被要求给出几个限制性的参数, 驱动电压 2.83V 参考距离 1 米, 没有延时补偿被使用所以这数为 0 米, LMS 计算的是纯的 SPL 水平, 所以只有多条的 SPL 比例被要求, 补偿为 0dB。

最后的提示将要求你提出线缆阻抗和电感, 在这儿我们将输入被用于 SPL 测量的线缆(参数), 数值来自电阻是 0.3Ω, 电感是 0.005mH, 利用这数据 LEAP 将自动修正用于前面输入 DGL 项目中的阻抗数据的 SPL 数据, 并确定作用于线缆的电压分量, 这就是为什么阻抗必须先输入的原因。现在存于 DGL 中的 SPL 曲线与被始的 SPL 数据有一些不同, 这是除去线缆作用引起的。

利用现在输入的喇叭数据, 分频器的设计可以开始了, 主 DGL 图 F8 马上显示出输入换能器数据, 但 SPL 数据将在 DGL 项目被分析后才能显示在 F1 图上。

■ 为每频段创建 AFL 项目

现在, 对每 1 个将要设计的 DGL 频段 1 个 AFL 项目将需被启动。1 个对低音, 1 个中音, 1 个高音, 这些项目将与不同的 DGL 项目一起, 在每 1 个系统范围内支持谐波的设计。

AFL 项目除了他们的名称, 没有任何滤波器与他们一起开始, 接下来编辑。对每个项目的 PNL 选择可以是任何的空栏项目, 编辑的最后 DGL 分析将被运行。这将使原始的换能器 SPL 数据在 F1 图上出现, 然而滤波器在他们中没有任何的数据值, 所以这响应将是单纯换能器的响应。

■ 设定低音喇叭和中音喇叭的延时位置

每个换能器的相邻位置必须输入 3 个 DGL 项目所产生响应中: 低音 2.3+0.5=2.8 英寸, 延时时间为 204us, 中音 1.3 英寸, 延时 95us, 高音为 0。

与结合了延时值的 DGL 项目一起, 所有 SPL 响应在系统中的计算将包括位置的这些影响, 这将精确系统的响应模拟(它将明显地作用于中部分频的设计)中、低音之间的延时因 250Hz 波长很大而只是很重要。

■ 低音喇叭的滤波设计

滤波调对(用于低音部分)将是 1 个 4 阶的低通 Linkwitz-Riley 型(全通型), 这类滤波器将提供 1 个平坦的综合响应(当与高通一起使用时), 偶数的滤波有 1 个响应源于全通滤波, 这是指数值响应是平坦的, 通过频率只有 1 个相位变化, 这类滤波有分频点有 1 个 6dB 的滤波。

最好选用全通型调整(6dB 下降), 用于偶数阶分频器, 它们将共同产生 1 个平坦的响应, 对奇数阶分频器蝶型调整线(3dB 下降)将产生 1 个平坦的响应。

初始滤波器数值

4 阶 LR 低通滤波由 2 个 2 阶低通蝶形滤波组成 $F_0=250\text{Hz}$ 各自的 Q 都是 0.707, 我们从这些数值开始, 然后让优化器调整他。

把初始值装入 AFL 项目

图 8.142 给出了方块图和开始低音 AFL 项目的数据参数, 所有和 Q 值为了优化而被标出(与 1 个 A0 增益参数一起)。

对低音 DGL 项目设立优化器

因 DGL 在前面已被分析过, 任何进一步对 DGL 项目中原始 AFL 项目的改变, 将自动被优化器调整, 而不需进行 DGL 项目的重新分析。

我们将把这 DGL 向我们的目标功能进行优化(使用单纯的 AFL/DGL 优化器)进入优化菜单并按[3]来选择单纯的 AFL/DGL 优化器, 低音的 DGL 项目被选中。目标功能的选择是: 4 阶蝶型曲线高通, 4 阶水平曲线低通, 4 阶蝶型高通是用来提供 1 个合适的响应, 它将跟踪由箱体设计形成的基本低频衰减。

当选择了 DGL 和目标, 按[F1]进入优化图形, 频率和目标或功能水平需马上设定, 高通设在 30Hz, 低通频率设在 250Hz(分频点)这里设 92dB 为响应水平(目标)如果后面别的喇叭的灵敏度改变引起驱动水平改变还要对这水平进行调整。草稿线将设于 55Hz-1000Hz。图 8.143 显示了可以进行优化运行的准备状态。

第一次优化

对第一次优化我们将看一看是否优化器可以调整滤波器的 F 和 Q 值，它看起来好象全部的水平都正确。所以放大参数不用优化。

当优化实际滤波参数，注意到每个 LPF2 滤波有能力以同样的方式准确作用于响应，如果 F 和 Q 值（每个 SPF2 的）是个同的，两个都被选作优化，优化器将明确改变两个 LPF2 的 F 和 Q 值，实际上滤波器将表现的象是被同样的参数共同锁定一样，只有单独优化其中的 1 个滤波器，才能独立改变其参数。

因此，第一次优化将看一看能否用单独的 1 个 LPF2 优化，这样可产生 1 个很简单的回路，因为这原因，可选择 F 和 Q 进行优化，草稿线设在 55H21KH2。

运行第一次优化后，如图 8.144，80H2 以后很接近目标，初始值也很接近，但 F 变为 243H2，Q 变成 0.61，这响应已很接近目标，所以我们进行中频段的优化。

■中频滤波器的优化

用于中频部分的滤波线将是 4 阶低通和高通 LR 型。4 阶高通或低通滤波器由 2 个 2 阶部件构成，F0=2500H2，Q=0.707，F=250H2。

装载原始数值进 AFL 项目

图 8.145 给出了方块图和用于中频 AFL 项目的数值参数，以及 A0（放大增益参数）。

为中频 DGL 项目设立放大器

使用单纯的 AFL/DGL 优化器，中频 DGL 项目被选中，目标功能选择是 4 阶 LR 高通和 4 阶 LR 低通。

DGL 和目标选定后，按[F1]进行优化，现在需设定目标功能的频率和水平，高通设为 250H2，低通设为 2500H2（分频点），目标电平为 92dB。

我们进行优化的第一个参数是高通滤波器，草稿线设为 70H2-900H2，图 8.146 显示了优化图在第一次运行前的准备状态。

第一次优化

对第一次优化，我们看一看优化器是否能调整 HPF2 滤波的 F 和 Q 值，这看来好象全部的水平是正确的 A0（放大增益参数不用优化）。

我们试一试目标是否可以用单独的 HPF2 进行优化这可以在后看产生 1 个更简单的回路设计。

优化运行后结果显示在图 8.147 中，DGL 响应在 80H2-900H2 内很接近目标，初始值也很接近，但 F 变成 205H2，Q 变成 0.51，这部分的响应已很接近目标，所以我们到低通滤波那里。

第二次优化

接下来，我们看一看优化器能否调整 LPF2 滤波器的 F 和 Q 值，我们将试一试目标能否使用单独 LPF2 滤波器进行优化，草稿线设为 700H2-7KH2。

优化结果如图 8.148，在 800H2-8KH2 范围内 DGL 响应很接近目标线，初始值也很接近但 F 变为 2427H2，Q 变为 0.68。

■高音滤波设计

用于高音部分的滤波线为 4 阶高通 L 及类型，由 2 个 2 阶部件组成这 4 阶滤波，F=2500H2，Q=0.707。

装载初始数值到 AFL 项目中

图 8.149 显示方块图和用于高音 AFL 项目开始时的数据参数。

为高音 DGL 项目设立优化器

使用单纯的 AFL/DGL 优化器，高音 DGL 项目被选定，目标功能保留中频优化同样的形式。

DGL 选择后，按[F1]进优化图，设定目标频率设为，高通边为 2500H2（分频点）低通为 99KH2 使它远离。目标水平的 92dB。

首先注意 DGL 水平比目标水平高许多，我们将使用 A0 放大器对响应进行衰减，响应看来高 4dB，所以 A0 为 -4dB，草稿线为 1KH1-10KH2，图 8.150 显示了优化图运行前的准备状态。

第一次优化

这里，我们看是否优化器可调节单独的 1 个 KPF2 滤波以对应响应，只选 1 个 F 和 1 个 Q 进行优化。草稿线设为 400H2-13KH2，第一次优化运行后，结果如图 8.151，DGL 响应非常接近目标，F 变为 1400H2，Q 为 0.4。

这说明也许只有 1 个 HPF2 滤波就够了，优化器把第 1 个滤波器从分频点移出了太大的距离。

第二次优化

我们对两个 HPF2 滤波共同进行优化，草稿线使用当前的形状。运行结果如图 8.152，DGL 响应更接近目标了而且，第 1 个 F 变为 830H2，Q 变为 0.2，这已离分频点太远了，看起来可以不有滤波，我们试一试除去滤波的情况。

同时注意响应在 10KH2 下降了 1 点，这是 D25 的自然响应，用增加 1 个补偿均衡滤波 SHEQ 可以在很高的频段对响应进行大量提升。

省去第 1 个 HPF2 滤波，加入 1 个 SHEQ 这新的方块图和 AFL 项目显示在图 8.153 中，作为 SHEQ 滤波的开始值，F=20KH2，提升为 +5dB，图 8.154 显示了移去 1 个 HPF2 滤波和加上 1 个 SHEQ 的响应，我们所需的水平被平衡出来了。

第 3 次优化

根据经验，最好的 SHEQ 参数值应是 10dB 提升捌点频率 30KH2，这作用于整个高频区的水平所以 F1 Q1 和 A0 参数共同被优化。

对这次优化，草稿线设在 900H2 和 15KH2，图 8.155 显示了最后结果，从 1KH2 开始，目标趋近非常好，低于 1KH2 的响应背离目标，但这可为水平低（730dB）而不明显，而且也不会在系统响应中产生大的作用。

现在我们将进行系统的优化。

■系统响应优化

现在我们来看一下整个响应的情况，主 DGL 显示图将被使用，所有设计中的 3 个 DGL 项目将被选择来显示响应。

图 8.156 显示了单独 SPL 响应曲线（对三部分）（在 F1 图中）图中 DGL 项目与前面单独优化图相同。图 8.157 显示了汇合三个 DGL 条的组合系统的统一响应，这样的结果不很差，然而 2500Hz 处有 1 个下降，它源于中频的延时，我们没做任何情况解决它。

作为 1 个快速验证，1 个 DGL 适合的滤波被加到高音，以便产生 95us 延时以对应中频位置。结果显示 8.158 图，现在 2500Hz 分频点是平的了。

我们应试着优化这系统响应，以补偿刚增加的滤波的延时影响，但相反，我们将用全通滤波单元产生某些延时（用于高音以便对应中频位置延时问题）。

加入全通滤波器

全通滤波器只产生相位滤波，没有数量变化，这相位的变化将以延时的形式出现，真实的延时与全通滤波产生的延时的区别是，全通滤波产生的延时有 1 个微调范围，这里的所需的延时，要覆盖至少 2 倍的分频频率，或者 5KHz，（为了产生效果），对于 95us 可能 2 个 1 阶全通级将是需求的。

作为开始点，我们将设定全通频率到 10KHz，这等于每级 32us 的延时，在 10Hz 这延时是总数的 1 半，图 8.159 显示了增加 APF1 滤波的方块图。

■设立系统优化器

现在将使用 AFL/DGL 优化器，DGL 项目的选择与那些先前的选择相同，对目标选择，低通是平坦滤波高通是 4 阶 BW（蝶形）滤波，高通滤波用来提供 1 个音泉补偿的合适复制品。现在，优化表中有大量的参数，8.160 显示于增加全通滤波后系统的优化图，2500Hz 比没加全通滤波时平坦了。现在我们看是否能够进一步改善响应曲线。

第 1 次优化

目标水平为 92dB，首先对 2 个 APF1 频率应用优化草稿线设为 1KHz-13KHz。图 8.161 显示了调整全通滤波的结果，2500Hz 区的响应很平坦，APF1 的频率移到了 7500Hz。

下一步使用分频点两端的 1 个点的滤波器进行优化（另 1 端锁定），同时松开两端将使优化器把分频点推向任何地点，包括我们不想要的地方。系统响应实际上非常的好，然而我们将一直进行优化，以便使某些滤波产生最好的响应。

第二次优化

草稿线保持 1KHz-13KHz（在低音 DGL 项目的高通滤波器上）对 F，Q，A0 进行优化。图 8.162 显示了第二次优化的结果，2500Hz 的分频点很光滑，F，Q，A0 值都有 1 个小的改变。

第三次优化

现在对 250Hz 分频点进行优化，我们工作于中频部分的高通端，草稿线设在 90Hz-900Hz，2 个 HPF2 滤波器被选作滤波。

图 8.163 显示了优化运行结果，Q 和 F 被改变了一点这将是系统的最终值，响应尽可能向目标靠近（在由换能器产生小波动以内）滤波回路将被建立，并进行设计试验。

图 8.164 显示了最后的滤波器方块图和 3 个 AFL 网络中所有的参数值，这数值将用于构建第 1 个原型滤波器回路当滤波器被设计离标准值 5%偏差时，某些值将稍稍被改变。

因为这是 1 个主动滤波器回路而不是被动功率网络，所以我们将有机会使用高质量元件，如 5%和 1%的电阻，5%的高级薄膜电容。

■主动滤波回路

设计滤波回路已很简单，对 2 阶低通和高通滤波，将使用 Sallen-Key 拓扑回路滤波器有统一的增益，对于 1 阶的全通级别 1 个普通的 OP-amp Rc 倒转将应利用，高频的补偿 EQ 级将从 1 个单独倒转级别建立，并且将被用于高频喇叭的衰减。

■2 阶低通设计

图 8.165 显示了用于低通级别的回路。设计回路定义 $K_r=R_2/R$, $K_c=C_2/C_1$, 让 $K_r=1.0$

下面的公式是 $R_2=R_1 \quad K_c=1/(4 \cdot Q^2) \quad C_1=1/2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot F_0 \cdot (DC)^{1/2} \quad C_2=K_c \cdot C_1$

我们要做的是找出 R1 现他的数可由 Q1、F0 计出。

■低音喇叭的滤波设计

两个低通滤波级需要 $F_0=243Hz$, $Q=0.61$, $R_1=R_2=12K\Omega$, $C_1=0.068\mu F$, $C_2=0.047\mu F$ 图 8.166 显示了真实的滤波回路。

■2 阶高通滤波设计

图 8.167 显示了用于高通（HPF2）的回路，设计这回路，我们设 $K_c=C_2/C_1$, $K_r=R_2/R_1$ 让 $K_c=1.0 \quad K_r=4 \cdot Q^2 \quad R_2=K_r \cdot R_1 \quad C_1=1/(2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot F_0 \cdot (K_r)^{1/2}) \quad C_2=C_1$

所有我们需要做的是选出 R1 值，余下的数值由 Q 和 F0 算出。

■中频滤波设计

两个高通滤波层需要 $F_0=236Hz$, $Q=0.60$

两个低通滤波层需要 $F_0=2430Hz$, $Q=0.68$

它们用串联接通，图 8.168 显示了中频的真实滤波回路。

对高通滤波, $0.056\mu\text{f}$ 用于 C_1, C_2 , $R_1=10\text{K}$, $R_2=15\text{K}$ 对低通滤波, $R_1=R_2=13\text{K}$, $C_1=0.0068\mu\text{f}$ $C_2=0.0036\mu\text{f}$

■高音喇叭的滤波设计

高音滤波层需要 $F_0=3300\text{Hz}$, $Q=1.18$ 全通滤波层 $F_0=7500\text{Hz}$, 高频补偿层 $F_0=30\text{KHz}$, 最大提升为 $+10\text{dB}$, -7.9dB 的衰减将被共同用于高频补偿层。图 8.169 显示了用于高音喇叭部分的真实的回路。对于高通滤波, $C_1=C_2=0.0068\mu\text{f}$, $R_1=23\text{K}$, $R_2=16\text{K}$, 对全通滤波, 电阻为 10K , 电容 $0.0022\mu\text{f}$, 反转增益控制电阻是 $10\text{K}/1\%$, 补偿 EQ 层用 $0.0015\mu\text{f}$ 电容器和 3.6K 电阻设立转角频, $7.5\text{K}/3\text{K}$ 组合控制衰减。滤波单元全部以串联, 而补偿 EQ 调转相位其高音的相位连线应是反接的。

■对比最后结果

图 8.170 显示了最后的预测 SPL 响应曲线 (分段); 图 8.171 显示了真实的测量 SPL 响应曲线 (分段); 图 8.172 显示了最预测的系统 SPL 曲线; 图 8.173 显示了最后真实测量的 SPL 响应曲线。

在实测时有很多风的噪声出现, 在低频段产生了 $60\text{--}70\text{dB}$ 的任意响应。最后的测量系统响应在 $40\text{Hz}\text{--}16\text{KHz}$ 范围, 在 2dB 内是平坦的。

第九章: 电路例子

9.1 串联 RLC 网络

包括 1 个电阻, 1 个电容, 1 个电感。元件的实际顺序不重要, 这是 1 个共振电路, 可产生 1 个最小 R 阻抗的在 F_0 。中心频点上, 当增加或减少频率电阻就上升。

这电路最长用的用途是阻抗共轭电路, 1 个例子如图 9.1, 这里它与喇叭并随着, 来产生 1 个阻抗下降用来对应喇叭负载产生的相同阻抗上升。

图 9.2 显示了 1 个典型的串联 RLC 的阻抗特性。 $R=8\Omega$ L/C 产生出不同 Q , $0.25, 1.0, 4.0$, 高的 Q 值产生 1 个很窄的阻抗下降, 小的 Q 值产生 1 个宽广的下降。中心频率都是 1KHz 。

设计和公式分析

在大多例子中, 对网络来说第 1 个要知道的是 F_0 中心频率, 第二个通常要知道的是 R 值, 即是节点的阻抗在 F_0 要降到多少, 第三个参数是 Q 值, (它可以选择不同数值), 通常是猜测出 1 个适量的数值 (针对设计网络), 结合这参个参数 C 和 L 可被精确算出, 下列公司提供了设计和分析的参数计算方法。

设计公式 分析公式

$C=1/(W_0 \cdot Q \cdot R)$ 或 $L=(Q \cdot R)/W_0$ $Q=(1/R) \cdot (L/C)^{1/2}$ 或 $Q=1/(W_0 \cdot C \cdot R)$

$L=1/(W_0^2 \cdot C)$ 或 $C=1/(W_0^2 \cdot L)$ $C_{00}=1/(L \cdot C)^{1/2}$ 或 $F_0=W_0/(2 \cdot \pi)$ $W_0=2 \cdot \pi \cdot F_0$

9.2 并联的 RLC 网络

并联 RLC 网络是 1 个共振电路, 它在中心频率 F_0 处产生 1 个最大阻抗 R 。

SPL 峰值的均衡

说明并联 RLC 对 SPL 峰值的均衡, 看图 9.5, 假设 8Ω 的喇叭在 1KHz 有 1 个大越 10dB 的峰值 (SPL), 这例子中 $Q=1.0, 0.25, 4.0$ 。 R 值由衰减量定, 17.3Ω 可产生 1 个 8Ω 负载的 10dB 的下降。

图 9.6 显示了不同 Q 值的这回电路的响应, 喇叭的响应通常是 90dB 的平直线, 所以我们正好看到了这网络的作用, 相同的响应也可以在 PNL 转输功能的 F16 图上看到。

图 9.7 显示了 PNL 输入阻抗, 在图中并联电路产生了 1 个在共振频率上的阻抗上升, 如果分频器的拐点频率靠近 F_0 。这上升的阻抗将形成 1 个 SPL 响应的峰值。

下降的宽度或 Q 值, 被挑选, 用来产生 1 个更适合 SPL 峰值的数值, 或被优化从而选出 1 个最合适值。这种优化是很容易的, 因为它存贮了很多 L 和 C 的计算值而产生不 Q 值, 尽管优化器能产生最好的数值进行调整, 但仍需要在合适的范围内得到初始设计, 以使优化的解决能够集中。

9.3 网络的 LC 网络

1 个网格状的 LC 网络包括 2 个电感和两个交叉联接的电容, 两个电感和 2 个电容的值相等, 它电段通常用于全通滤波, (延时) 它可以产生相位移动的同时形成 1 个平坦的数值响应, 这相位移动可以以独立于 1 组延时曲线的频率延时的言式被看到。网格 LC 网络是 1 个可以确定 Q 和 F_0 的谐振网络 F_0 由 C 和 L 产生负载电阻用来调整 Q 值。

这电路通常用于 1 个物理时间补偿 (喇叭间因音圈位置而产生的时间差) 在很多情况下, 几个网格电路同时使用, 来产生合适的频率范围内的延时, 图 9.8 是 1 个例子。

选择正确的 L, C 值, 可产生 1 个 $Q=1.0$ 的数值, 1.0 的 Q 产生 1 个平坦的响应, 通常有 1 个网格滤波的插入损失, 这限制网格滤波的使用个数。图 9.9 显示了 $Q=1, 0.5, 2.0$ 时的典型的数值和相位特征, Q 大于 1 产生峰值, Q 小于 1 产生谷值, 中心频率是 1KHz 。

延时的范围 (宽度)

当考虑延时, 一般假设延时是固定的发生于所有频率这并不是所有全通延时器的情况, 在低频延时将很平坦和固定, 但当频率上升, 延时则下降趋于零基于不同的 Q 值, 延时曲线可以平滑地上升或跌落。

图 9.10 显示了 Q 值为 $1.0, 0.5, 2.0$ 的损耗的网格滤波的组延时特征。 $F_0=1\text{KHz}$, $Q=1.0$ 时延时在低频段 (由图中线标出) 趋于 1 个

320us 的渐近线，在 F_0 位置，延时正好是低频的一半数值， $Q=2.0$ 时，低频的渐近线延时是 160us，但在较高的频段下降前有 1 个峰的起始频率很低，下降速变也快， Q 控制着组延时的形状，也作用于渐近的低频延时量。

图 9.11 显示了不同 Q 值的网络的输入阻抗， $Q=1.0$ 时，输入阻抗是一条直线， $Q=2.0$ 阻抗在 F_0 处下降 2Ω 。 $Q=0.5$ 时，阻抗在 F_0 处上升 32Ω 。

对大多数用途而言， $Q=1.0$ 最常用到。

延时补偿的实际应用

对于所有的实际应用， Q 值限于 1.0，为了明白使用全通滤波的困难，必须考虑延时宽度的概念，1 个单独的网格滤波只能产生 1 个有限的延时范围，而且延时将有 1 个由网络低频 F_0 所形成的带宽限制，在 F_0 延时将下降到原来低频时的 1/2，当 F_0 上升时，全部的延时将按比例下降。

因此全通滤波实际上只能产生低频的延时，而不能产生高频延时。图 9.12 显示了两个不同网格滤波产生的延时， F_0 一个是 100Hz，1 个是 1000Hz。

译文到操作手册的 9-11 页