

一. 基本概念

声压：静压（大气压）同声场中某一点上的压力之间的差值。单位为“帕”

声强：瞬时声能通量的平均值。单位“瓦/平方米”，声能正比于幅度的平方。

响度：对声强的主观感受程度。人耳对响度的感受大致同声强的变化的对数成比例。

人耳对频率音调的感受也是对数比例的

响度是客观在主观的反应，是物理现象与生理现象的综合效应，与声压，频率和声波波形都有关系。 单位为“phon”

声级：（电平）指用对数单位（分贝）表示的声信号或电信号的大小

分贝：声级（电平）的相对对数单位。dB

音圈的阻抗模量：4 8 16 32 欧

额定功率：能够加到扬声器上的最大电功率，受到谐波系数不能超过规定的标准的限制

THD 《5%-10%

最大功率：指扬声器在极短时间里能承受的不致于损坏的最大值。

在 0.1 或 0.01 秒更短的时间可以加更大的功率（通常为最大功率的 2 倍，额定功率的 4 倍） 截顶的信号，容易烧 speaker

灵敏度：扬声器在额定功率值能放出声音的响度

扬声器效率：100dB 10% 90dB 2%

动态范围：变量最大值与最小值的比值，单位“dB” 交响乐的动态范围可达 70dB.几十万到上百万倍

声音的特性：音调，音量，音色

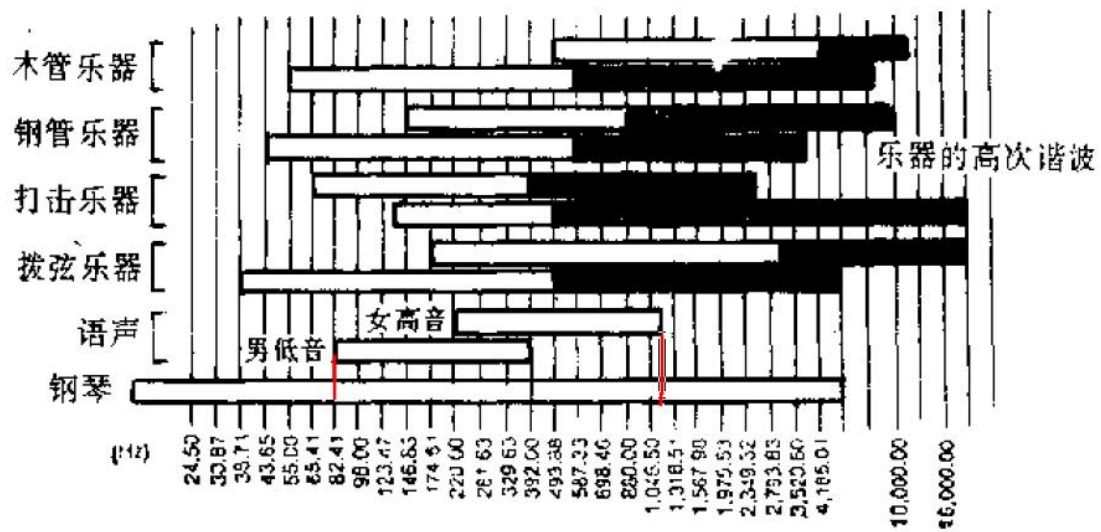
自然声音的重要特性，谐波：悦耳的声音都不是单一的频率，具有丰富的频率分量。

为什么失真总是很有规律地表现为谐波分量？

任何乐器只能产生建立驻波频率振动的声音

Midi 与和弦：手机 16 和弦，64 和弦的概念，Midi 的原理与声音特点

声音范围



女声基音：200-1300Hz 泛音：8K

男生基音：70-700Hz 泛音：5K

语音与乐音的各自特点

听力范围 身强力壮的人：20-20K 狗：30K

波动理论

声波：横波，行波，驻波，干涉，声波管，分布参数，多普勒效应.....

电波：横波，行波，驻波，干涉，波导，分布参数，多普勒效应.....

二. 扬声器与音箱设计

扬声器的相关理论：

$F_p = 1/2\pi \sqrt{MC}$ M 活动系统的质量 C 活动系统的顺性（米/牛顿）

扬声器的阻尼： 电阻尼，机械阻尼，声阻尼 阻尼不好会产生“促音”

Speaker 功率如何计算？

RMS peak peak-peak 有效值=峰-峰值/ $2\sqrt{2}$

5cm 100dB、10cm 110dB 是个什么概念？

声压计还是声级计？

如何借用人耳本身的听力特性，增大 speaker 音量？

声功率有 10dB 的变化，听众感觉到的响度变化是两倍。

听阈：基准声压，即零分贝声压级，大多数人在 50%的时间中能产生听觉的最小声压。由统计实验得到：0.00021 帕（20uPa，一微帕等于百万分之一正常大气压）

痛阈：120-130 分贝（约 20Pa）

表 3-2 用分贝表示的各种情况的响度级

响度 (dB)

听阈	0
树叶的沙沙声	10
谈话声 (相距 1 米)	65
盥洗室内的冲洗声	67
厕所内的冲洗声和排气风扇的噪声	70
吹发器的噪声	80
在市内公共汽车内的噪声	90
没有装消声器的汽车的噪声	100
摇摆舞音乐	120
痛觉阈	130

实验证明, 响度变化 1dB 是听觉正常人所能辨别的最小“声级”

1dB=1.26 倍

2dB=1.58 倍

3dB=3 倍

声级计: 模拟听觉的 A, B, C, D 计权网络。

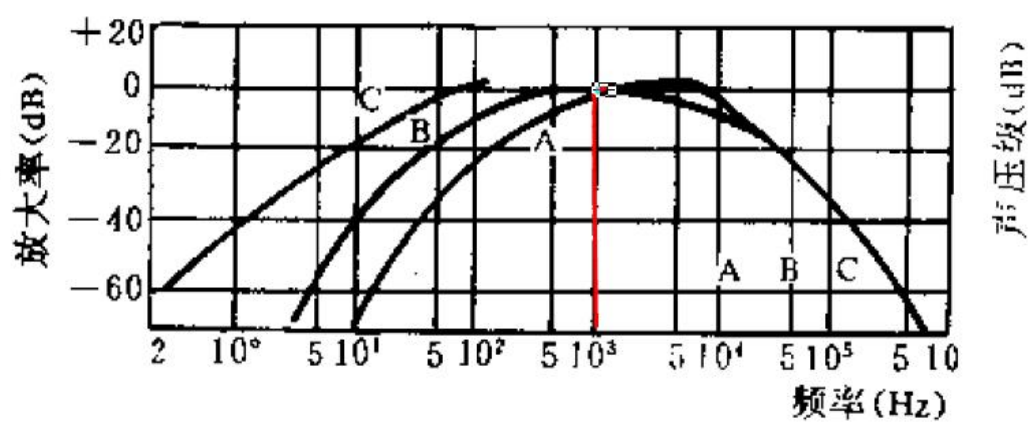
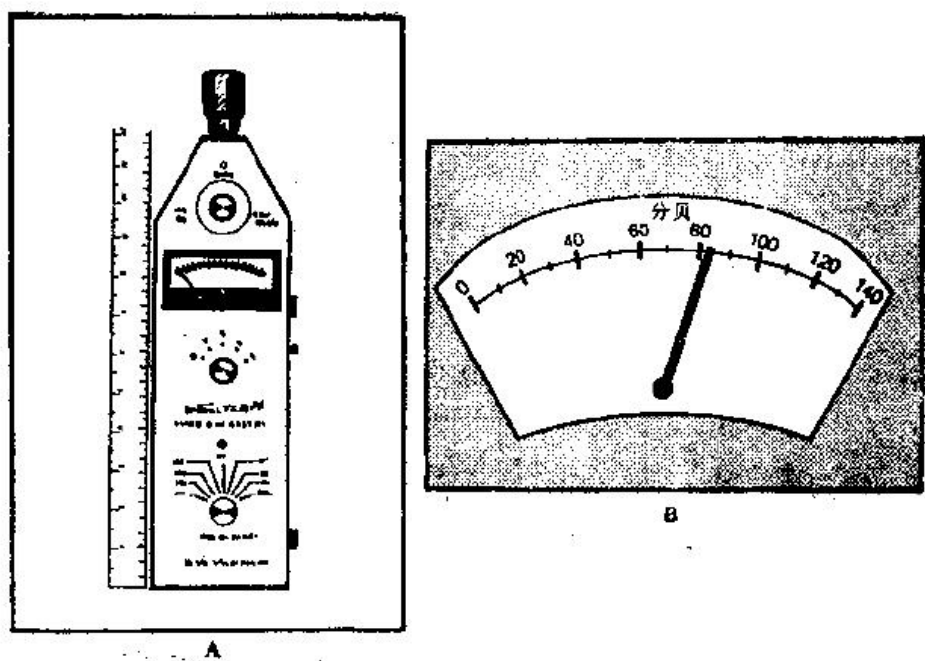


图 3-5 计权网络 A、B、C 的特性

A 计权: 55dB B 计权: 55-85dB C 计权: 85dB 以上

Phon: 1KHz 的 “0” dB 声压值。0 方响度，基准响度级。

人耳对 1-5KHz 的声音最灵敏, 2-5KHz, 最高。

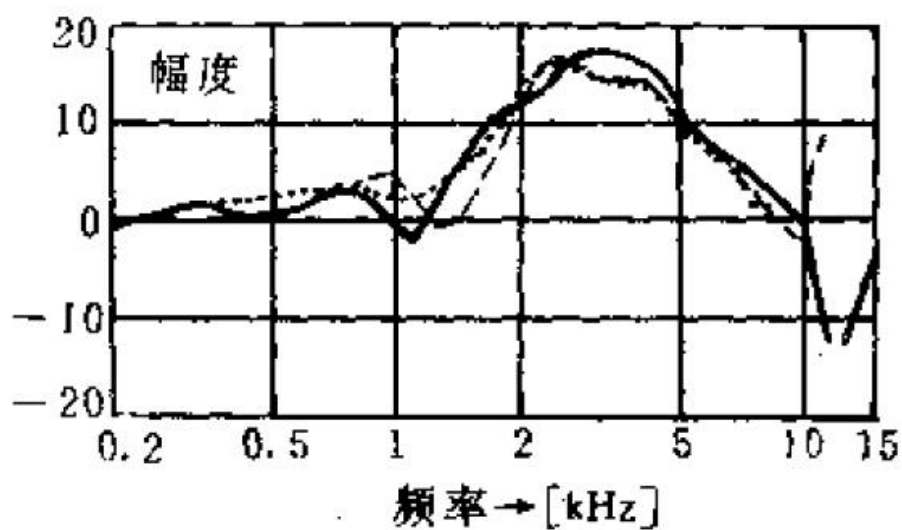
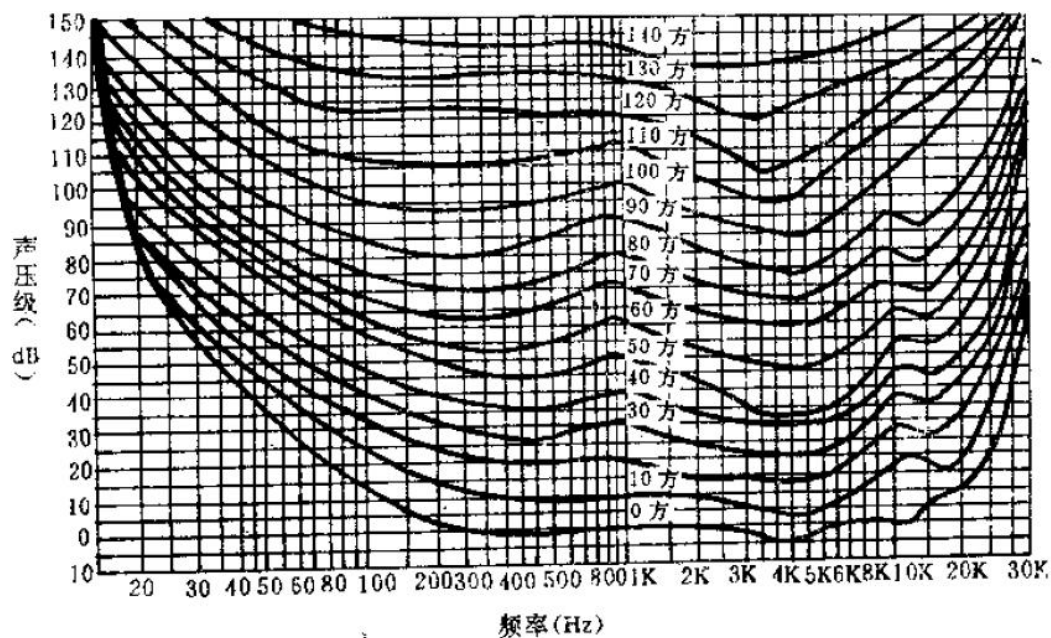
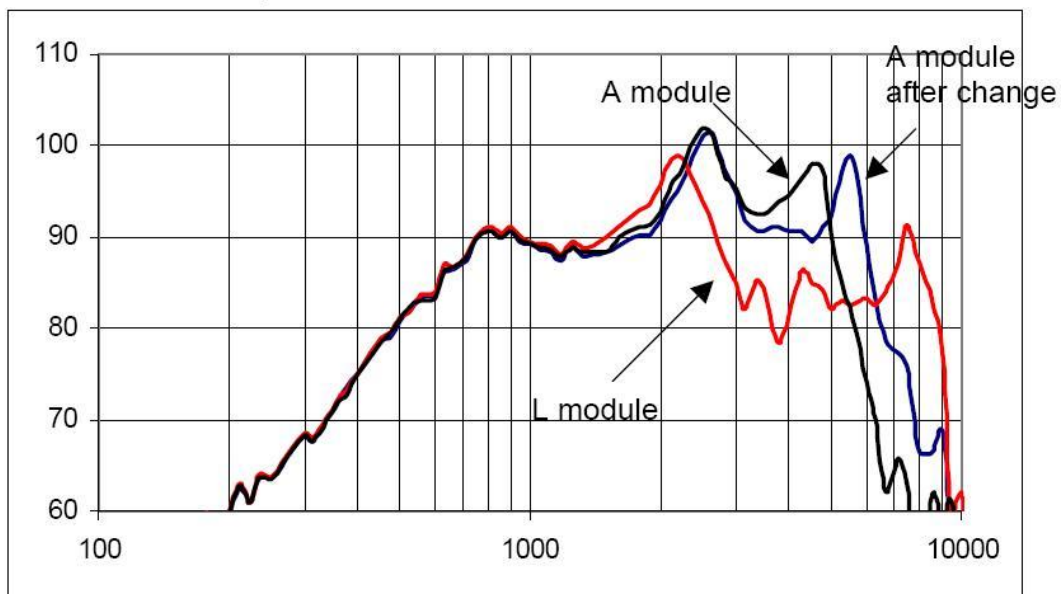


图 3-2 测听者前方的声源到鼓膜的传递函数

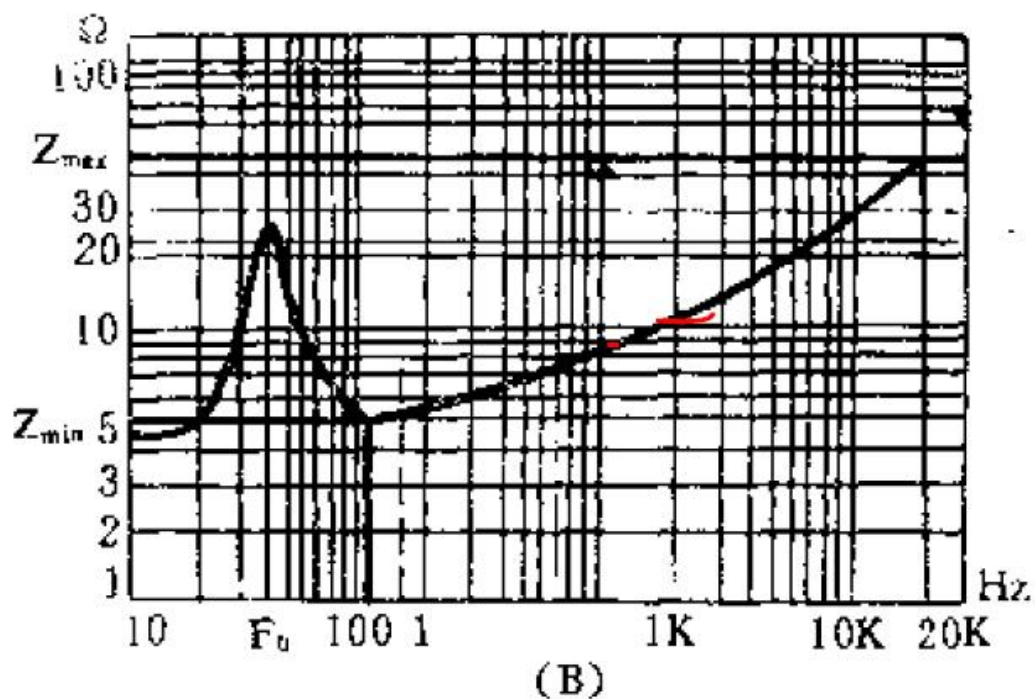
等响度特性曲线族





50dB 响度可以使 50dB 的声压级，但 50dB 的声压级不一定是 50dB 的响度
大音量时，同等量级的声功率可以欣赏到完美的音色。

扬声器的阻抗曲线：



扬声器阻抗特性的补偿：好的情况可以提高 40% 的音质。
瞬时等效负载随输入信号变化而剧烈变化，造成幅度调制，引起失真。
RC 补偿，全共轭补偿

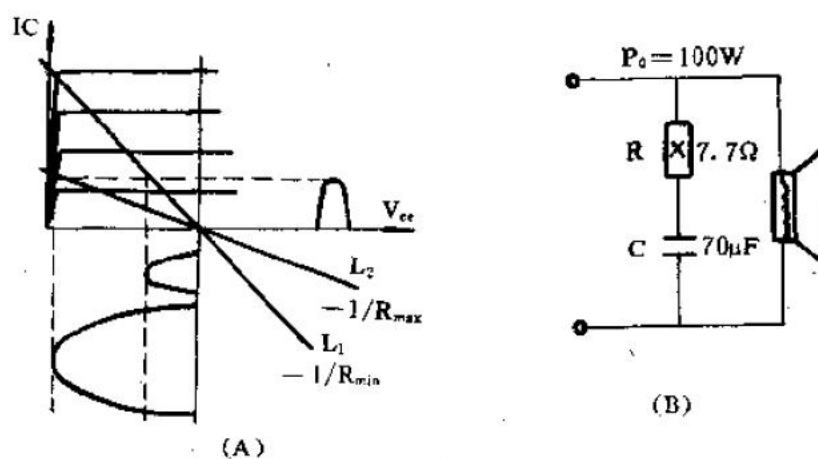


图 4-22 扬声器的阻抗补偿原理图

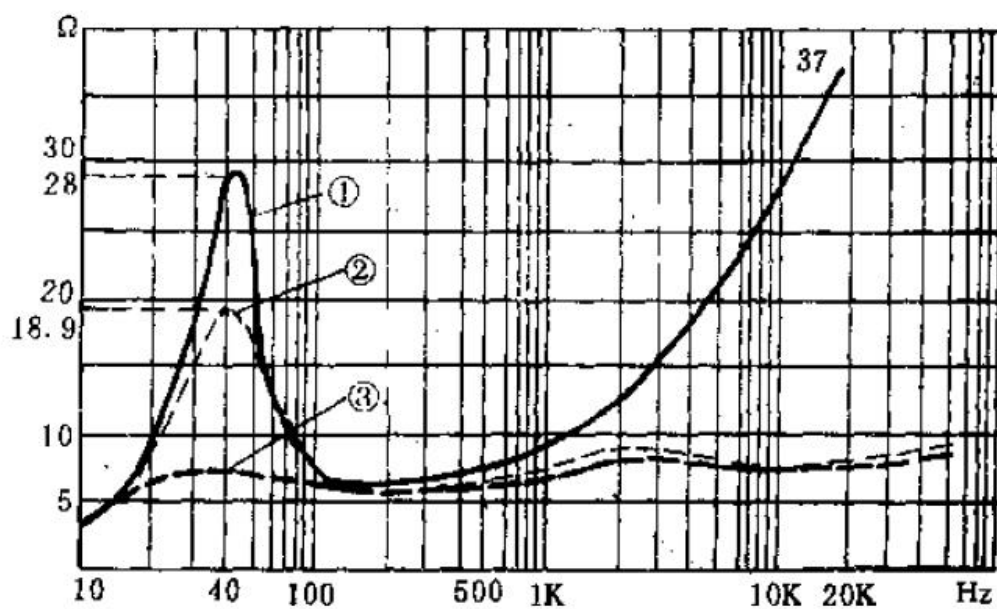


图 4-21 扬声器阻抗特性的补偿

音腔设计的必要性：扬声器存在“声短路效应”

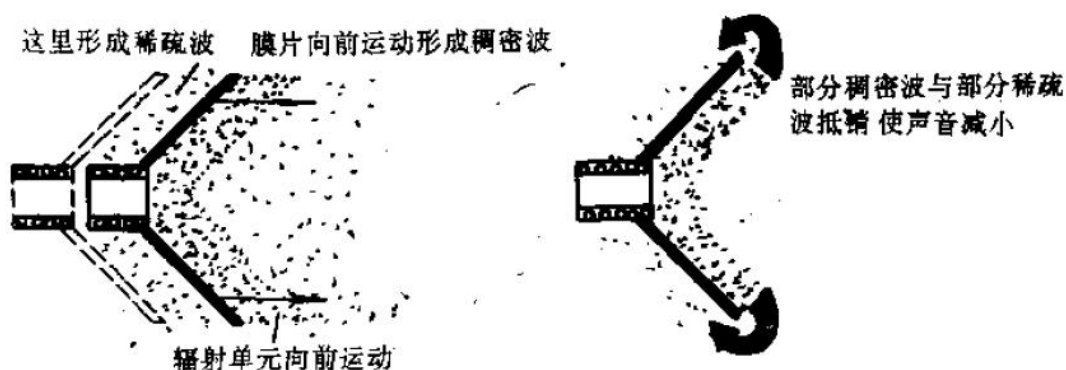
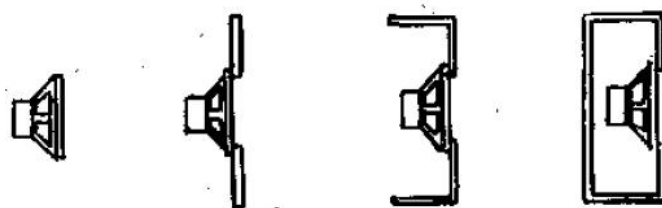


图 4-29 声短路示意图

音腔设计的目的：克服扬声器本身所存在的“声短路效应”而设计
提高声能转换效率

音腔设计的方向与原则：



A. 孤零零地 B. 平面形障板 C. 背后开口 D. 封闭箱子
(波有障板) 的箱子 (也称无限障板)

图 4-30 左边没有障板的扬声器所发的低音比右边三种装有障板的扬声器要小的多

无限障板式音箱性能很好，且容易实现。因为它可以关闭空气的影响，对共振频率影响很小。低频响应主要取决于扬声器本身。

分为两种：封闭式音腔

倒相式音腔

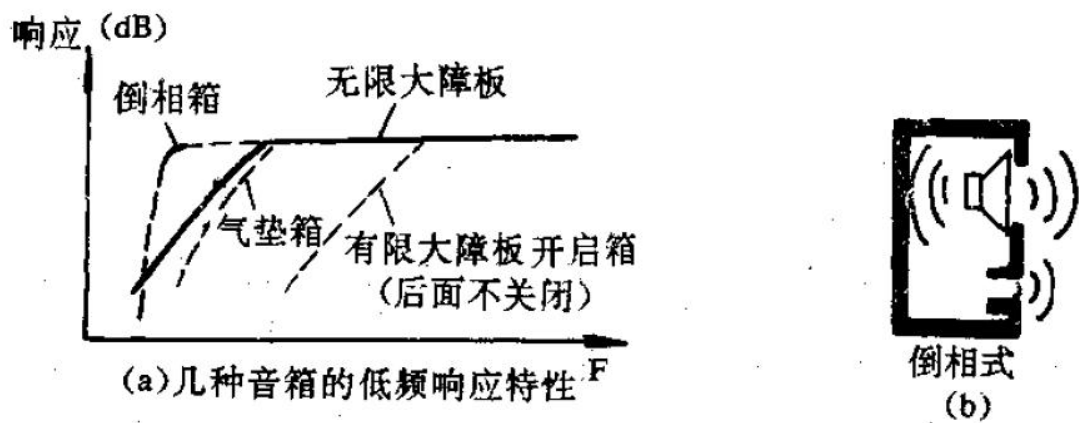


图 4-33 倒相箱的频响与结构示意图

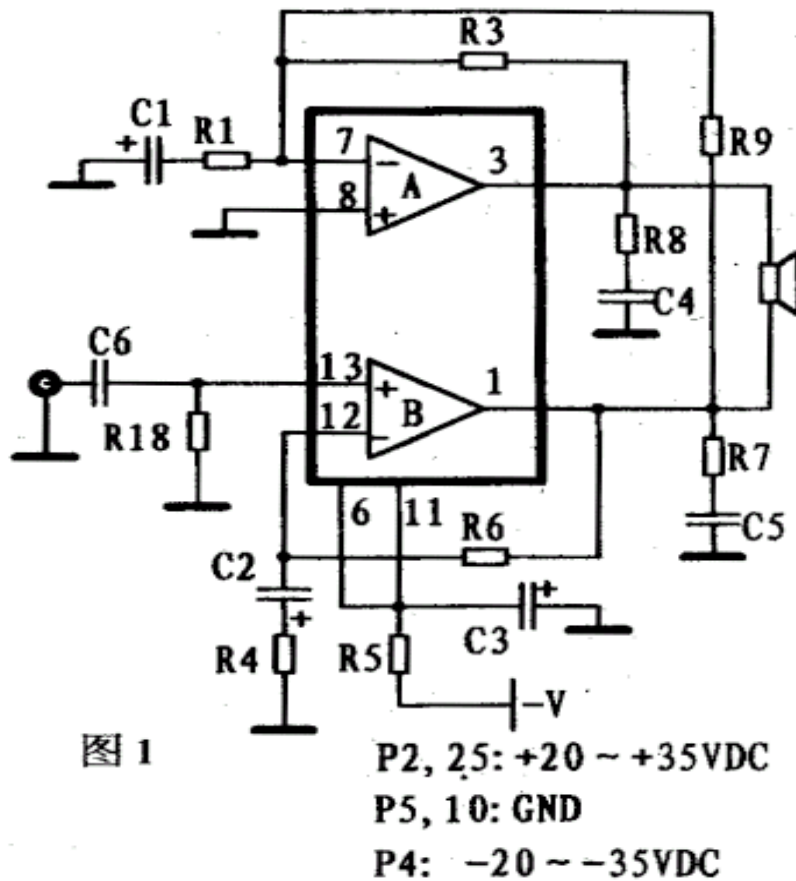
三. 功放设计

功放的进化史

在电源确定的情况下，输出尽可能大的功率和提高转换效率。

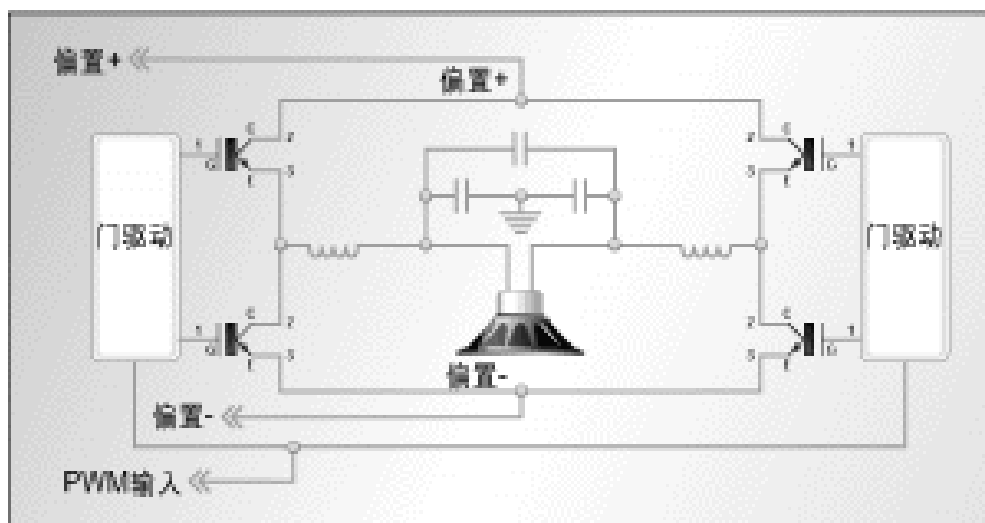
1. 简单的功率放大器
2. 变压器耦合推挽功率放大器
3. 变压器耦合乙类推挽功率放大器
4. 无输出变压器的功率放大器 (OTL) output transformerless
5. 无输出电容的功率放大器 (OCL) output capacitanceless
6. 桥式推挽功率放大器 (BTL)

双倍的硬件代价取得功率进一步加大，单电源，可无输出电容



BTL(Bridge-Tied-load)意为桥接式负载。负载的两端分别接在两个放大器的输出端。其中一个放大器的输出是另外一个放大器的镜像输出，也就是说加在负载两端的信号仅在相位上相差 180° 。负载上将得到原来单端输出的 2 倍电压。从理论上讲电路的输出功率将增加 4 倍。BTL 电路能充分利用系统电压，因此 BTL 结构常应用于低电压系统或电池供电系统中。

7. D 类功放



D 类功放的优点与缺点

手机音频功放设计要点

提高音量，控制失真

提高电源，适当滤波，缩小输入信号动态范围，改变负载特性，设计好音腔

避免音腔共振和振动的杂音

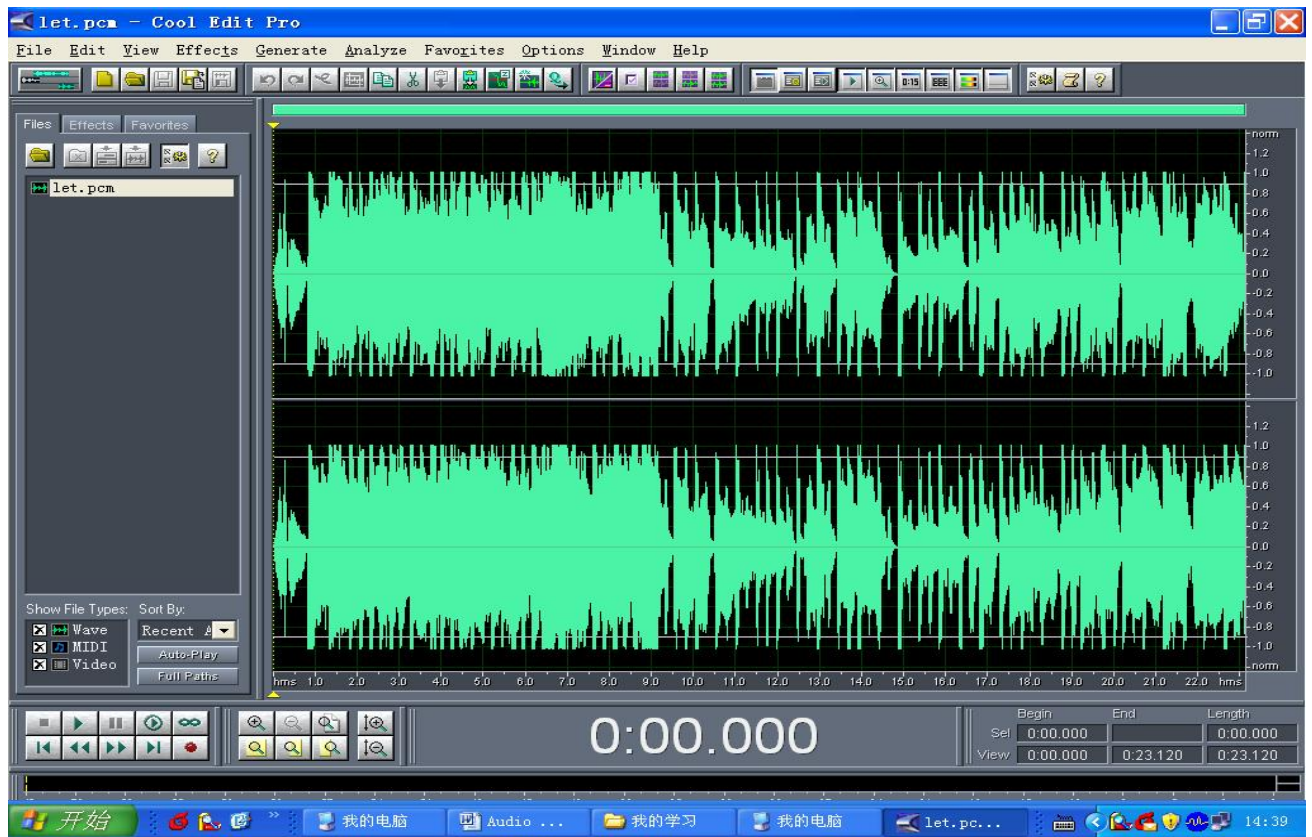
对手机来说，我个人认为“缩小输入信号动态范围”是最经济也最有效的方法

设计注意点：

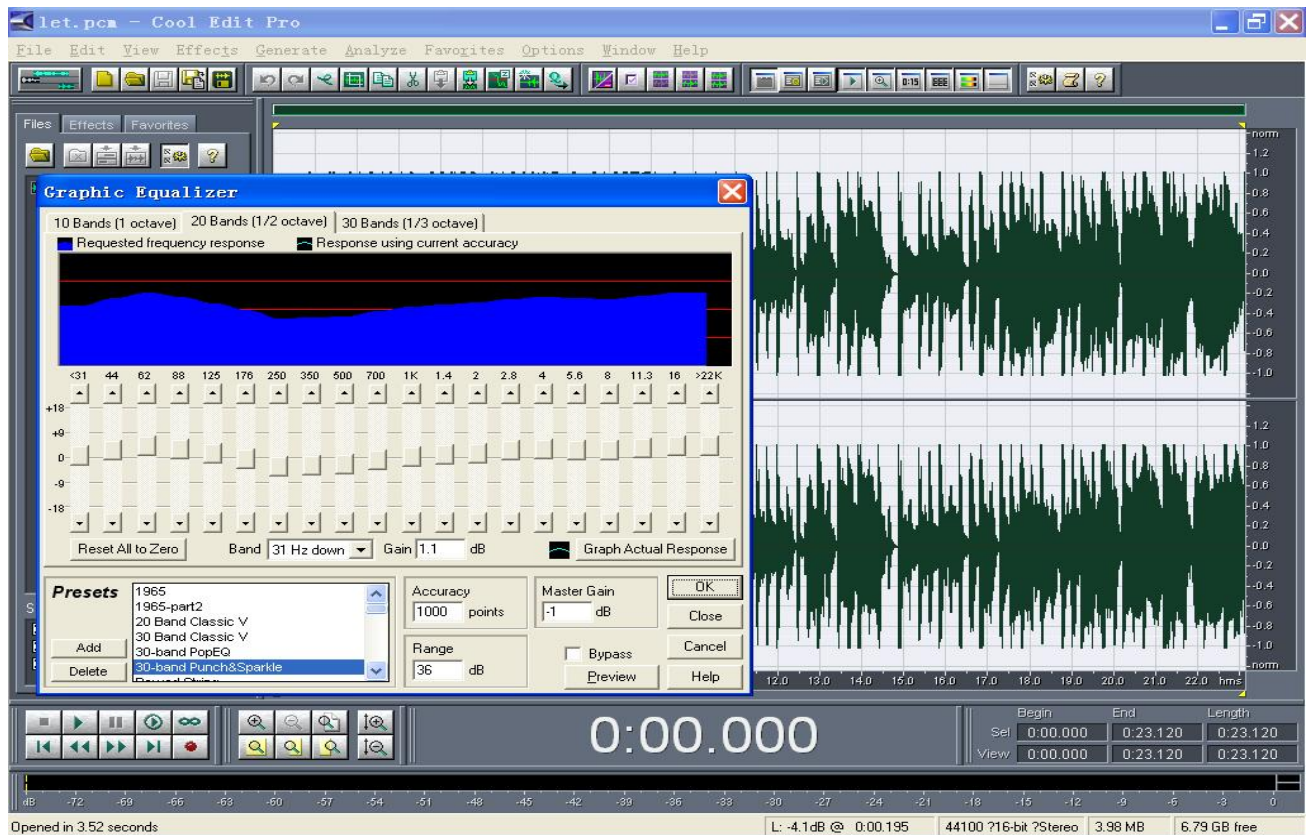
四．音源的设计

目的：根据功放和音腔的实际响应曲线,使用软件修正音源的，使之相匹配，从而减小失真，改善音质，并可以增大音量。

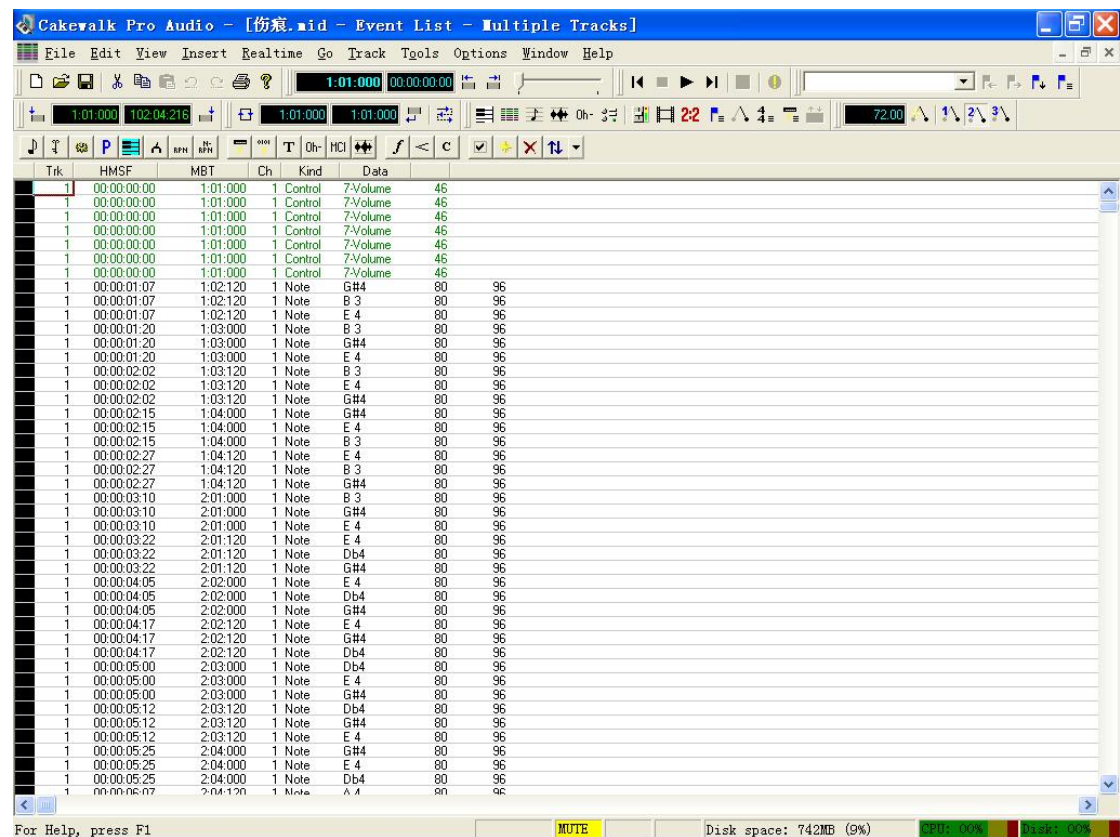
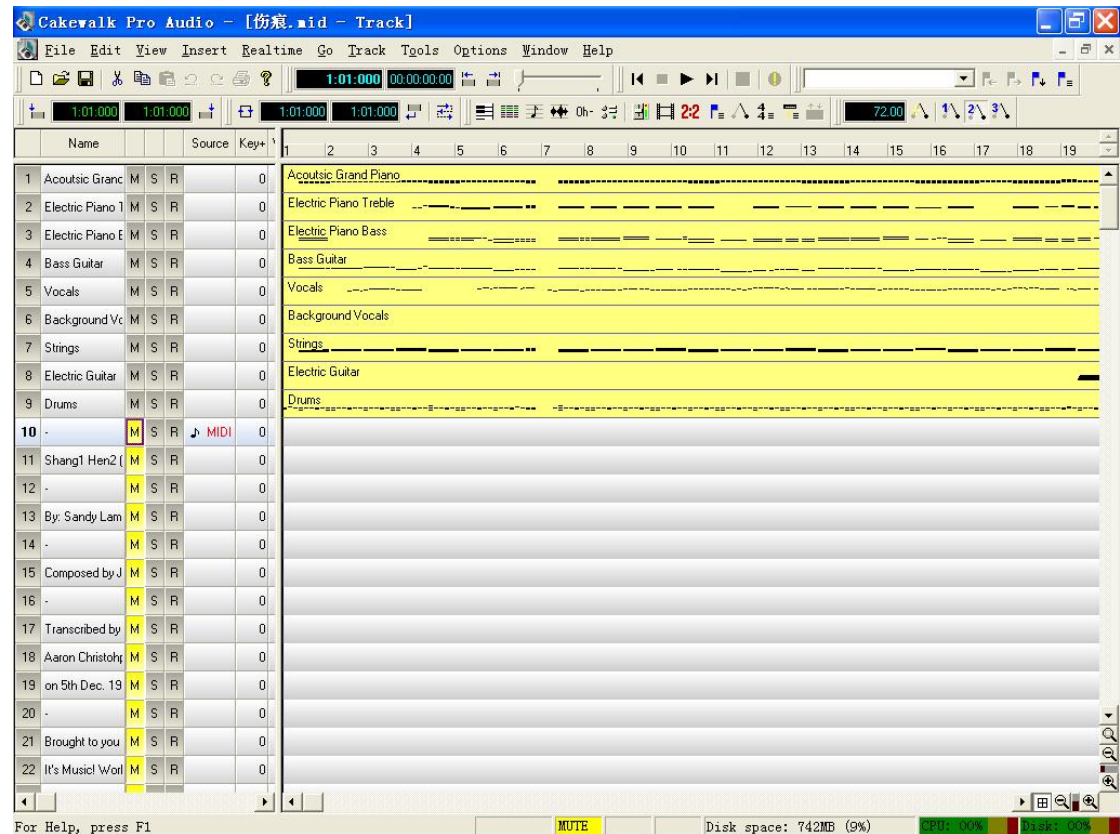
用 cooledit 处理压缩音源



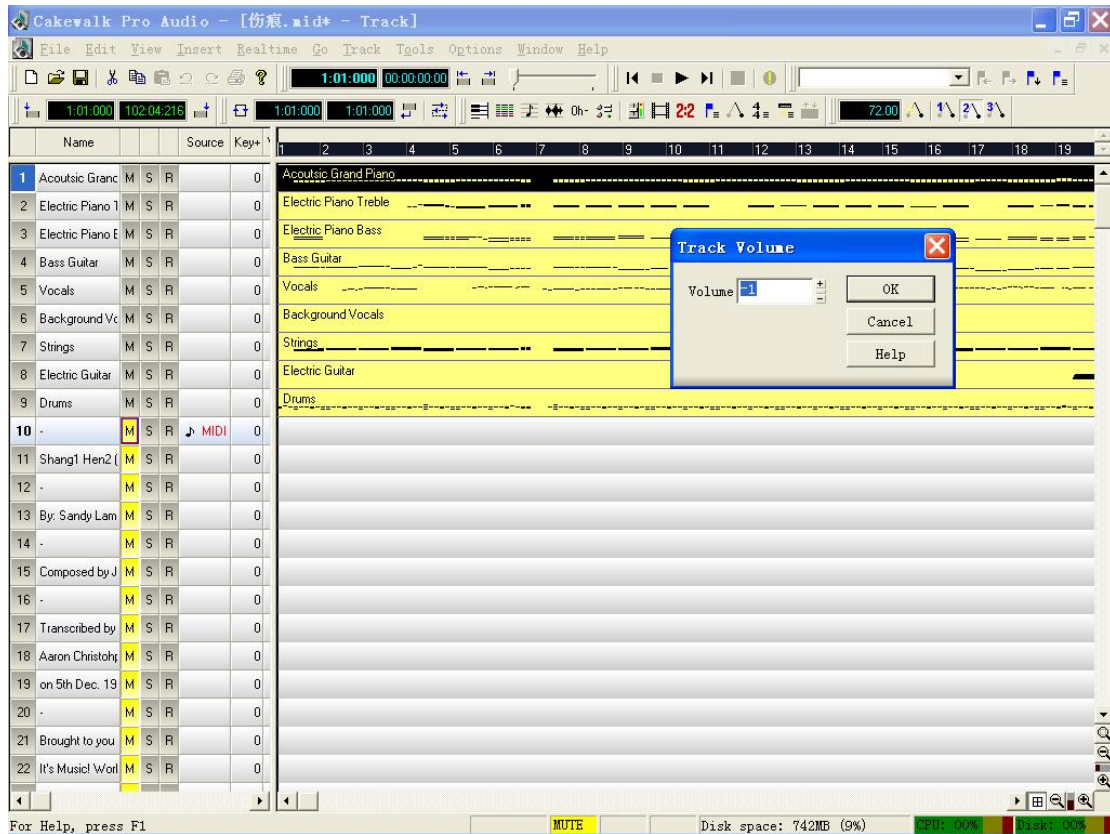
使用均衡和滤波



用 cakewalk 处理 midi 音源



增大某一轨的音量



五. 抑制音频噪声的设计

常见抑制方法：

差分接法是抑制音频噪声的有效手段，当然走线处理好是前提

能用差分就用差分，不能用差分时，尽量用伪差分

滤波—差模噪声

差分—共模噪声

差模转共模再抑制

共模转差模再抑制

.....

常见音频噪声：

1. 底噪，白噪声，“沙沙声”

方法：电源滤波

信号线 RC 无源滤波，功放有源滤波，PI 型滤波

2. PoP 声

方法：调整 Bypass 电容，调整开关时序

3. TDMA 噪声

TDMA 噪声可看作：“载波为 900M 或 1800M 的包络信号（包络构成了 217H 音频噪声）

方法：滤包络，很难，通常需要几十阶的滤波器，DSP 算法中可以么做，硬件很难实现

滤载波，“载波小了，包络也就小了”，“载波没了，包络也就没了”

硬件可行，用 EMC 器件，各种射频滤波器，射频理论处理

4. 50Hz 交流声

在插着充电器使用手机时可能会遇到，多数情况下可以用共模扼流圈来处理。

Wengzhibin

2006.11.21