

音箱 DIY 入坑指南

(原载于家电论坛 (<https://www.jdbbs.com/thread-8585625-1-1.html>), 作者是淘宝店“金玉

[之声](#)”店主)

自序

事先声明, 本人不是大师, 现在不是, 将来也不是, 永远都不是。有点疯狂的一介小烧而已, 过去这些年, 很多经验教训, 但更多是乐趣。把这些年的一些心得, 与还在 DIY 边缘徘徊或者已入坑中但尚在挣扎的朋友分享。所以, 这不是一篇纯技术的文章, 因为音响的问题可能不是一个纯技术问题, 最终还是个哲学问题, 难以达成一致, 更何况天外有天人外有人, 唯有保持谦逊、不忘初心。

如果您正好还没有入门, 那我这篇长文, 是非常适合您的。不过, 如果您已经是高手了, 也可直接关掉。如能提出一些建设性意见或建议, 我更会满心欢喜。

很多谬误, 不吝指出。

然而本人深知摄影多恭维, 音箱多拍砖, 但生性好为人师, 顶着炮火也要上, 可惜内心又脆弱, 惟愿路过的大神们轻拍, 感激不尽。



老猫

2020 年 6 月



作者微信二维码

目 录

1、废话还是要的	1
1.1 明白自己是否适合 DIY	1
1.2 别怕，要有信心.....	2
1.3 但是，没情怀就趁早收手.....	3
1.4 不要迷信，敢于挑战.....	3
1.5 最重要的，一定要讲科学.....	4
2、设备和条件	6
2.1 一般武器.....	6
2.2 关于吸音室.....	6
3、基本流程	8
3.1 第一步，测量 TS 参数.....	8
3.2 第二步，箱体设计.....	9
(1) 首先，箱体的材料很重要	9
(2) 其次，箱体的外观也很重要，不仅是美观	11
3.3 第三步，测量和调校.....	12
3.4 第四步，确定分频电路.....	14
(1) 相位对齐，永远不要忘记.....	14
(2) 把曲线调平，是基本原则，但并非完全平直就好听	15
(3) 在分频点的选取上，尽可能抑制失真	16
3.5 第五步，元件的搭配.....	17
(1) 电容很重要.....	17
(2) 电感也很重要	18
(3) 不同的位置上，使用不同的元件	18
3.6 关于失真.....	19
(1) 音色与失真.....	19
(2) 调校的目标.....	20

(3) 提升自己的声学素养.....	20
3.7 音箱 DIYer 的困境.....	21
(1) 箱体箱体箱体.....	21
(2) 平衡度.....	22
(3) 个人偏好.....	23
3.8 小结&划重点	23
4、关于喇叭	24
4.1 喇叭厂的历史.....	24
4.2 几点建议.....	25
(1) 并不存在最好的喇叭.....	25
(2) 喇叭也并不是越贵越好	26
(3) 玩 DIY 就要玩最喜欢的喇叭.....	26
(4) 一定不要选择个性太强的功放.....	27
4.3 喇叭的材料和声音	27
(1) 中低音的盆.....	27
(2) 高音的膜.....	28
5、如何选择 DIY 音箱	30
5.1 应该考虑的主要因素.....	30
(1) 听音空间.....	30
(2) 听音偏好.....	30
(3) 预算.....	30
5.2 单元的搭配原则.....	32
(1) 可以衔接.....	32
(2) 风格相似.....	32
5.3 一些常见低音/中低音单元的特点、搭配与调校	33
(1) 绅士宝.....	33
(2) 西雅士 Excel 系列.....	35
(3) 魔雷.....	36
(4) 艾卡顿和伊顿.....	38

5.4 推荐的组合.....	41
(1) 4.5 寸.....	42
(2) 5.5 寸.....	43
(3) 6.5 寸.....	43
(4) 落地箱.....	44
(5) 高灵敏度书架系列.....	44
6、后记，关于 DIY 箱和进口厂箱的比较.....	46
6.1 关于技术.....	46
6.2 关于喇叭.....	46
6.3 关于箱体.....	48
6.4 最扎心的地方，是音响几乎没有标准.....	48

1、废话还是要的

练武之前先练气，所以废话多一点。在正式开始谈技术之前，先 BB 几句。

1.1 明白自己是否适合 DIY

玩得好，DIY 是一项乐趣无穷的兴趣爱好。但是，首先要明白自己是不是适合 DIY。

针对打算自己 DIY 的烧友而言，如果有一定的动手能力，并且始终怀有学习的心态，相信科学，胆大心细，不盲从也不自负，并且打算持续玩下去的，那 DIY 是最合适不过了。

但是，不要怀着省钱的目的去玩 DIY，对于大部分玩家而言，省钱是原动力，但最终来看，如果停不下来，压根也不省钱。所以，这真的是玩，是兴趣。形成兴趣爱好的最初，或许是冲动，但更是长期的。所以，不是做一套自己满意的箱子就会结束，或许只是另一个开始。所以，玩疯了，肯定不省钱，并且会深陷其中无法自拔，这是经过无数烧友验证过的血泪教训，但对于很多人而言，收获的快乐会更多。所以，您如果有精力、有情怀、爱动手、还有点闲钱（缺一不可），那就干吧。

如果并不打算作为兴趣爱好，只打算请高手帮忙 DIY 音箱的朋友，我也有两条建议。第一条建议，一定要相信帮你 DIY 的朋友。现在网上不少 DIY 高手在帮忙调校音箱，顺便挣点小钱。但是，音响系统的不确定性很大，任何一个环节和调校者的差异悬殊，都可能会导致很大的问题，特别是平衡度，搞不好会出恶声（这在厂箱上也极为常见）。其实，达到一定境界的 DIY 高手，调整平衡度是很容易的事。只要功放控制力足够，器材的个性不是太强，通过若干次试验，最终都可以和您的器材完美搭配。如果一开始就对调校者持怀疑态度，或者觉得自己的调教技术更牛（只是没时间），那一定不要请他做，最终的结果，双方都不高兴的概率相当大。第二条建议，最好自己也有一些动手能力，在 DIY 高手朋友的指导下，后期可以自己进行调整，这样可以省了物流的烦恼。并且这个过程很有趣，以后调整器材也可以不断微调，有不懂的地方，还可以和调校者沟通，这样是双赢的结果。

1.2 别怕，要有信心，也不要怕翻车

和很多老烧友相比，我玩发烧的时间一点也不长，十来年而已，真正感觉到上了正路，也不过六七年。

曾经和很多烧友一样，我也认为 DIY 音箱是做不好的。因为，我也和很多烧友一样，也买某威的套件，还有一大堆参数不明却被吹得神乎其神的喇叭，凭耳朵一通瞎折腾，费了很多钱也耗费了很多精力。还买了一些书看，甚至在学校图书馆借英文原版书啃，却仍然不得其法，所以也曾经以为一般烧友是不可能调好音箱的。直到有一天，开始使用仪器，才发现一切如此简单。天高任鸟飞的快意，顿然而生，这才开始真正意义的 DIY。于是乎，闲鱼上论坛上，不错的喇叭，只要价钱合适，统统收下，绝不心慈手软。所以，那些容易买得到的国外大厂的喇叭，比如绅士宝，西雅士，魔雷，艾卡顿，伊顿。。。还有一些有点特色比如威发，皮亚力士，斯泊特，难买到的 AT，多数都已玩过一遍，确实很嗨很疯狂。闲鱼上好一点的喇叭不少都被我收购，所以，我在闲鱼上的朋友不少。历经百余种组合、数千次调校之后，再回头看那些所谓的 DIY 音箱套件，多数问题也不小，甚至包括国外一些顶级喇叭厂商发布的套件，唯一的办法还是自己来。

老司机翻车的几率固然会低一些，但走得路多了，翻车就变成了必然。我本人也算经验丰富了，但一样会翻车。我打磨的箱子也很多，老实说，也没有见过没翻过车的 DIYer，无论口碑多好，有多牛，做得多了，就一定会翻车。大厂也有失败的产品，更何况我们。并且，每个 DIYer 都是在不断进步的，我回头去看自己走过的路，看自己和别人翻过的车，难免感慨。翻车的原因很多，有时候确实是设计上缺陷，有时候是用户搭配的问题，有时候是声学环境和摆放的问题，找到原因就行。总之，千万不要害怕失败，我们都是凡人，凡人就会犯错误，不能怕犯错误，关键是迈出第一步，否则连成功的几率都没有。

这几年下来，也算颇有心得：第一，过去那种玩法，确实是不可能玩好；第二，以科学测量作为基础，大多数箱子是完全可以调好的。所以，虽然走了很多弯路，只要有正确的 DIY 路径，科学的发烧，肯琢磨，又肯花时间，没什么难的。然而，万事开头难，首先要有信心，不要怕，走弯路是必然的，边走路边摔跤边提升，这才是兴趣爱好。let's rock~!

1.3 但是，没情怀就趁早收手

我所理解的 HIFI DIYer，要满足三个条件：其一要热爱音乐，这是前提；其二要有一颗匠心，技艺精湛者谓之匠，手艺要好；其三还要有点情怀，重名节，清名利，淡泊平和，宁静方可致远。自上世纪 90 年代中叶起，我就读于上海东北片某综合性大学，受了周遭众多情怀大师们的十年熏陶。这十年，未必是白衣飘飘的年代，也远比如今单纯。所以，即使技术也许并不超群，但情怀还是有点的，起码，要有一个即便无用也要追求自由的灵魂。

音响 DIY 这东西很烧钱，特别是当做兴趣时，有多少钱都能砸光。如果有人把音箱 DIY 当做一门养家糊口的手艺，以盈利为第一目的，不仅做不好，也挣不了什么钱，音响是夕阳产业，生存已是不易，DIY 也无出例外。并且，还有机会成本的问题。技术是相通的，玩技术的，别的技术也不会差的。同样的精力，学一门别的技术来养家糊口，一定比音箱 DIY 这行当容易的多。所以，如果没有情怀来支撑，这事情，最好尽快收手，否则越陷越深，难以收场。

1.4 不要迷信，敢于挑战

现在看来，音箱 DIY 其实真不太难，可为什么不少朋友却选择厂箱？

我想，大约是 DIY 这东西一有门槛、二有水分。也不可否认，DIYer 之中，滥竽充数者众，让烧友们一再失望，最终把烧友们推向了厂箱。其实，只要 DIY 做的好，厂箱也未必比 DIY 好多少。当一部分优秀的厂箱为我们带来的惊喜与陶醉的同时，另一部分却让人惊诧。当你拆开有些厂箱时，会发现美丽的外表之下是粗糙的分频电路与业余的制作，当然频响曲线也必然是起伏不平的。有时候，有些音箱都不用听，只要看了单元搭配、外观和分频电路，就可以预料到这样的箱子是根本不可能出什么好声的。我曾经打磨过一对三分频厂箱，绅士宝单元，竟然采用 x 讯分频器，号称分频点 500/3000，然而实测分频点在 1200/5000，换句话说，低音管了中低频，中音管了高频，高音管了超高频，实测各参数更是一塌糊涂。其实这样的厂箱还不少。

所以，单论声音，我所理解的音箱，其实并无厂箱与 DIY 箱之分。并且，可以肯定的是，我们可以用三分之一甚至更低的价格做到厂箱的声音，甚至比他们更好。这个道理，类似于组装电脑和品牌电脑的关系罢！

另外，根据我自己的经验（教训），除了科学，不要迷信任何人，包括高手或者所谓的大师，但前提是兼听。对于很多公认的高手、大神，即使未必能接受他的观点，但是不妨先去倾听，他的经验，不少是有益的，有些问题或许只是三观的差异而已。但是，这不妨碍我们去挑战，站在高手的肩膀上，学习他，超越他。

1.5 最重要的，一定要讲科学

大凡 DIY 者，可分为三个层次：第一个层次，因知识的缺乏而全凭感觉，不妨称之为“不学”；第二个层次，因知识的积累而精确，不妨称之为“科学”；第三个层次，因经验的丰富而达到随心所欲的境界，挑选合适的器材并调出自己想要的声音，甚至也许并不需要精确，这一步不妨称之为“哲学”。而事实上，我们玩 DIY 的，几乎是不可能走到“哲学”这一步的。众口难调，我个人喜欢的未必是其他人想要的——初烧偏好低频刚猛，老烧喜欢人声甜润，这个菜怎么炒？所以，我们中的大多数，都止步于第二个层次。要达到第三个层次，除却客观的因素，恐怕还需要品牌和口碑，何其困难！

关于指标，有很多种说法。很多老烧说不要迷信指标，我想说的是，扬声器技术进展这么慢，这个学科已经较为成熟，以现代电声学理论，人耳的听感是可以指标来定量表征的。所以，声音不好，通常是因为测量的指标还不够多。除了频响、阻抗、相位曲线外，还有很多指标，常见的比如瀑布图、失真曲线等。如果这些指标测试以后，声音还是不行，就要考虑功放、摆放和室内声学处理的因素了。

所以，咱们玩 DIY，不要玩玄学，最好严格以科学严谨的态度、不要试图去挑战科学。有的朋友不加以辨别，照着某厂箱胡搞一通。因为有些厂箱的单元只是外观相似，却是定制的，差之毫厘谬以千里。况且，有些厂箱其实出于商业的考虑，在设计上做了一些妥协，或者基于工程师的思路，做了一些调整，换一种思路，或许更为全面，即使是大厂也不例外，更何况很多设计师的水平看起来也不怎么样。

顺便再说几句，关于抄书，有很多书上介绍了现成的方案，但是，唉。。。其实我是很相信书本的，但问题能看的书不多。我以前看的有一些书，特别是国内

一些拼凑的，糟粕和精华一样多。并且有些箱子的调校，以现在的眼光来看，也是胡搞一气，大量这样的设计也被收进书本里作为案例。

当年我也是菜鸟，同样无从分辨，所以也常被误导，走了很多弯路。虽然我其实很推崇国产，但是这个领域的书，我建议还是要啃更加专业的一些老外的书，有了一定的实践经验以后，再回头看国内的书，就想骂人。只有一条路，就是找几本科学严谨，大量实验数据的书，好好啃，然后买点喇叭回来慢慢调，慢慢玩。弄两对便宜的进口喇叭，测试 10 遍以上，试 50 个方案以上，箱体的螺丝孔全部花掉，我估计应该可以玩点高级喇叭了。

所以，如果您真的想玩 DIY，那么：讲科学，讲科学，讲科学，重要的事说三遍。

2、设备和条件

废话说完了，开始来正经的。

2.1 一般武器

先说**一般需要的武器**吧：一台电脑，几个软件，一些仪器。

电脑，最好老一点的，带老的 PCI 插槽（要不带 1394 火线接口也行），装 32 位 windows 系统，xp、win7 都行，但最好是 32 位的，有些软件只能在 32 位下运行。

软件，也不需要太多，LspCAD5.25（带 JustMLS 测量模块），Speaker Workshop，这两个基本够了。还有一些软件，例如 REW 等，如果有技术，那用用 CAD、Leap，更好。

仪器，论坛有一个测量套件，不贵，加上 Dayton 带校正曲线的咪头，也不过千元出头。有这个，基本上差不多了。如果有条件，花个万把块，搞一台 CLIO（便宜的版本需要安装火线声卡，或者 PCI 插槽），那就更科学了。如果再有条件，搞一个 Klippel，就是专业级的了。

2.2 关于吸音室

有的朋友说一定要吸音室，这个肯定是有道理的。

现在的 LMS 软件采用时间窗技术，所以对于测量条件的要求低了很多。通过合适的测量参数以及正确的处理，可以达到很高的测量精度，足够满足两分频音箱的制作了。

我通过一些渠道，弄到一个可供测量的吸音室，对比下来，在业余条件下，在宽敞的房间里做一些简单的吸音处理，用于测量，对于大部分两分频书架箱，已经差不多了。但是，三分频落地箱，不在吸音室测量，可信度就低了很多。

并且，在超低频段，很多吸音室一样也不是很精准。事实上，很多喇叭厂也测不准，有的喇叭，只提供到 100hz 以上的频响曲线。

所以，对业余玩家做两分频箱的 DIY，真的不用担心吸音室的问题，大胆去试，开始搞再说。

我这么说，只是业余条件。专业条件，会更加严格，成本很高。但是话说回

来，两分频书架，业余条件，只要方法得当，肯花时间，做出来的东西，单论声音，是不会比厂箱差的。

并且，音响系统，对环境要求很高，即使是在专业条件下测量为完全水平的一条频响曲线，在家庭环境下，也一样变得起起伏伏，况且还有因搭配产生的巨大差异。所以，不用因为那零点几分贝的差异去纠结技术条件。我们必须讲科学，必须要精益求精，但钻牛角尖，对于音响这样具有高不确定性的系统而言，现实意义有限。

与其因纠结而踟蹰不前，不如迈出第一步。

3、基本流程

流程框架其实也不复杂。

3.1 第一步，测量 TS 参数

一般是测量低音或者中低音喇叭的 TS 参数，只针对低音或者中低音，高音一般不需要管。

什么叫 TS 参数，干什么用？有些朋友去买单元，西雅士的，绅士宝的，等等，都会看到某宝上的商家会展示一个参数的图，在图的下方，会有很多密密麻麻的技术参数，其中有一大块就是所谓的 T-S parameters。

这个参数干什么用呢？基本上，这个喇叭有些什么特性，只要你对这些参数够熟，有些听感上问题都能从这些参数上显示出来了，比如瞬态、分析力等就和其中一些参数相关。

然而这些，对于做 DIY 音箱而言，都不是最重要的。

对于音箱 DIY，最重要的几个参数：总 Q 值 (Q_{ts})，等效容积 (V_{as})，这两个参数，将决定这只喇叭适合多大的箱体。

对于最常见的倒相箱而言，箱体大了，低频无力，散；箱体小了，低频多，但没下潜，硬。并且，用吸音棉、倒相管、分频器，都很难调整，这箱子基本就废了。

所以，需要再重复重复重复地强调强调强调一遍：**每只喇叭都有最适容积 (V_b)，绝对不可以随便找只箱体装上去就用**，否则浪费钱的可能性相当大。

这句话将在我后面的文字中可能还会一再出现，但这个问题，确实是我见过最容易犯的问题。所以，当我明白这个道理以后，我再不买那些来历不明的、找不到参数的喇叭，看起来再高级都不买。因为没有参数，买回来测试完了，商家往往又不给退，风险太大。

怎么测量，其实很简单，HifiDIY 论坛有个教程，先做疲劳测试，久一点好，然后用 JustMLS 测量阻抗曲线，用负重法测量 TS 参数。

测完以后，输入到 LspCAD 中，模拟容积和倒相管内径长度，设计好外观后，交给箱厂制作。

这些操作，我就不赘述了，网上都有教程。

用于 DIY 的多数喇叭，主要都集中在那些进口品牌，官方一般都提供了一个 TS 参数，但这个仅供参考，还是最好做完疲劳测试后自己测量 TS。大部分进口喇叭，用官参来模拟箱体容积问题不大，但是倒相管内径长度，还是要根据实际测量情况和喇叭自身特性进行调整（并非一味的做成阻抗双峰等高）。

总结一句话，低音或者中低音的 TS 参数，将决定这只单元适合做成开口箱（倒相式）或者密闭箱，抑或是障板箱，甚至是背负号角之类的。对于前二者，TS 参数将决定箱体最适容积的范围。所以，这些参数非常重要。

3.2 第二步，箱体设计

可能到最后，会发现箱体是 DIYer 难以逾越的坎。至少对我而言，箱体是最让人头痛的地方，痛不欲生。所以，我想多花点篇幅来 BB 这一点，并且这个步骤也是很容易被 DIY 初级玩家忽视但却很重要的环节。

为什么很重要，首先是音箱本身就是个家具，做得好就是装饰，甚至是件值得收藏的艺术品（我见过有的朋友用名贵的金丝楠木来做箱），做的不好，就给自己和家人添堵，所以，颜值很重要。这个和声音无关，废话了，下面是和声音有关的。

箱体的设计首先是容积设计，这是重中之重，把容积无论多重要都不为过，前面介绍 TS 参数之前就 BB 过了，故不赘述。再说两条也很重要，却容易被忽视的。

（1）首先，箱体的材料很重要

箱体的材料要考虑很多问题。玩 HIFI，成本可能是最后考虑的问题之一，并且实际上，和箱子价格相比，板材的价格并不算昂贵，还不如人工成本。

箱体的材料主要考虑两点：**谐振和阻尼**。刚性好的材料，谐振好，但是阻尼差。材质较软的材料，阻尼特性好，但是谐振比较差。

所以，在谐振和阻尼之间要去一个平衡，所以有研究说做箱体最好的材料是实木多层板或者中密板。

有经验的玩家，检查箱体好不好，敲一敲，再对着空箱子里面喊一嗓子。敲一敲，能够感受箱体的刚性和谐振，喊一嗓子，能够感受箱体的阻尼特性。

所以，箱体的材料是有讲究的，并非越贵越好，也并不一定是越致密越坚硬越好，还要考虑材料的阻尼特性和谐振特性。所以，用铝合金、瓷砖还有用水泥做箱体，有时候（并不绝对）是吃力不讨好。

我举个例子，一个人在一个房间里说话，如果房间墙面是光溜溜的石头，那会听到很多回音（反射声），这就是欠阻尼，声音收不干净，会好么？但试想，如果是一个小木屋，又会多少回声呢？同样的道理，用那么坚硬的材料做箱体，发出一堆反射声，会好么？所以，如果阻尼特性不好，低频往往会混浊不堪。

同样的，实木也一样，有些实木过于坚硬（并不绝对），并且实木处理不好的话，还容易开裂，所以，用实木做箱体，有时候也吃力不讨好。所以有些朋友在坚硬的箱体里面灌沥青，是有道理的：可以增加箱体的阻尼。但是沥青会释放一些有毒有害物质，如无必要，尽量少用。

如果箱体的材料过软，谐振特性又不好。低频重一点，会产生难听的谐振。所以，在箱体材料的选择上，需要找一个平衡。中密板和多层板，正好就在这样一个平衡点上。

有些箱体材料是复合的，那就更好了。

我现在推荐的玩法是**三明治结构箱体**：外面是一层较厚的实木或者多层板，然后内贴一层不用太厚的 **MDF** 中密板。这个在开板以后就直接贴好，然后加工的时候就直接用这个板子加工。

最后再在内部贴上一层阻尼板，如果预算充足，直接用 **Jantzen** 的阻尼板，但那个确实太昂贵，50x50 的 160 一块，如果内部贴了密度板的话，上这个的必要性没那么大。那么还有一个选择，就是车用的止震板，丁基胶的那种，没有毒性。

顺便提醒一下，这些最好全部贴好，胶水多打一些，贴得严严实实，不然搞不好适得其反。特别是最后贴阻尼板的那一步，特别要处理好，一定要粘牢，有的可以用图钉之类的加固，否则还会增加箱体的谐振。

淘宝上买得到的阻尼板，是一面胶（胶上有贴纸）一面铝箔的，最好的办法是贴两层，铝箔对铝箔，然后打胶打足一些，然后压实，撕掉其中一面的贴纸后，再贴在木板上，然后再撕掉另外一面的帖子，把吸音棉粘上去。

然而在实际操作中，这样的处理难度很大的。把箱子买回来自己贴，难度很大，很容易贴不紧。但是这样的处理方式在过去的 **DIY** 箱中很少出现，箱厂也嫌麻烦，最好的办法是做箱体时候，开板以后就贴好阻尼板再制作箱体，这样贴的紧。

另外，有些朋友说用箱体的谐振来调音，还把这一点看做深不可测的核心技术。对于这一点，我持保留意见：谐振毕竟是一种失真，和 **hifi** 的理念好像并不是很吻合，咱们还是算了吧。

（2）其次，箱体的外观也很重要，不仅是美观

箱体的外观，在保证美观的同时，首先是要**尽量避免衍射**。

衍射的产生，一般是那些尖尖角角地方引起的。高音部分的衍射、反射很可能导致整个频响曲线都没法看。有的衍射坑，甚至超过 3 个 **db**，严重的，真的都没法看。

所以，箱体的靠近高音的部分，尽量避免尖角，尽量不要有凸起物，甚至连个螺丝，最好都用圆头的。

如果一定要尖角，那可以贴一些可以吸音的东西，比如海绵。通过测量，会观察得非常明显，海绵的作用很大。

有几个箱体，我举个例子：

贵族 **ProAC 1sc** 尖角，肯定会产生比较严重的衍射，但是 **1sc** 的高音周围有一圈海绵，所以可以明显改善；

ls3/5a，一个边框，这个东西基本上会导致高音的曲线就毁了，但是 **3/5** 的高音周围也有一些海绵；

还有威信的一些箱子，高音周围也有海绵；

还有最近国内比较有名的潘总的箱子，两侧也贴了海绵。

这些海绵虽然都不好看，但对声音都是很有意义的。

但如果箱体本身就是圆角，或者切角，那这些海绵就没那么有必要了。

箱体表面如果贴了皮，对衍射也会产生一定的抑制作用。

箱体第二个，是障板，就是俗称面板的东东。我建议，**障板越小越好**，一般而言，障板越小，越有利于声场的还原，所以，有些箱体也采用了窄边框设计。障板越大，低频相对而言可能会多一点，但是这东西可以用分频器倒相管去调，所以除非是障板箱，一般不建议采用大障板的箱体。

另外，再看有些箱子，比如 ATC 的，ProAC 的，中音和高音都放在旁边，实际上就是为了尽可能接近箱体边缘。

所以，有这两条原则，我们再看有些设计很科学的箱体：

比如，意大利 Diapason Astera（歌剧之声艾斯特拉）的箱体，大倒角，高音和中低音都很接近边缘，无论是衍射控制还是声场还原，都会很好。正常人耳可以很清晰的做出判断，会比大障板的箱子更容易得到“针尖般的”结像。

再如盟主 Avalon 的那些箱体，都采用了切角的处理；卡玛 Kharm，也都是上面小下面大，切边处理；爱沙尼亚的 Estelon 小蛮腰，全弧线设计，几乎无边框，外形风骚，设计科学。

这样的箱体非常多。

当然也有一些名箱箱体我个人是不太认可的，这些就不说了，各有各的玩法。

有了箱体，就需要把箱体内用吸音棉平平整整的铺上，然后把喇叭接线柱用接插件接好，从倒相孔穿出去，准备测量。

3.3 第三步，测量和调校

接着 BB。现在要开始谈测量和分频器的调校了。

测量很重要，主要是两个曲线：**阻抗曲线、频响曲线**。

HiFIDIY 论坛的测量套件加 LspCAD 的 JustMLS 模块最方便，使用教程网上都有，我也不多说了。

其中很重要的一个是频响曲线中，还有一条曲线，称之为**相位曲线**。这个我想多说几句。

人耳对于声音的定位，除了声音的强度之外，还有相位，特别是中低频段，人耳对相位是比较敏感的。所以**如果相位处理不好的话，箱子的结像、定位和声场都会出现问题**。相位处理好了，摆放得当的话，分频箱同样能够达到全频箱的结像。

这个相位也很重要，但是容易被 DIY 的初学者忽视。

所谓相位，打个比方，水面上一个波纹，上下震荡，有时向上，有时向下，这个方向实际上就是相位。如果又来了一个波纹，有时向上，有时向下。那么，这两个波纹就会相互干涉。如果向上的和向下的波纹遇到一起了，就抵消了。顺带说一句，音箱中梳状效应也是因为相互干涉的结果。

换言之，如果强度相同、相位相反的声波遇到一起，同样会相互抵消，这就是主动降噪耳机的原理。

在分频箱上，特别是在分频点附近，高音和中音的发声点不一样，同样会产生干涉，所以，我们在设计分频电路的时候，必须要让分频箱各单元的相位**严格对齐**。

否则，即使频响曲线处理得很好，整个结像都会有点散，定位也难言准确。

怎样是对齐了？有时候软件看不出来，就把在软件中把**高音反接**，如果对齐的话，在分频点上的**频响曲线就会出现一个深谷**，那个谷越深，一般就说明两只喇叭的相位差越小。

这里涉及到一个容易犯的错误，**同轴喇叭的相位？**插一句。。。

对于分频箱而言，如果喇叭距离较大，会导致在不同的位置上的相位是不一样的，所以会听感会出现过大偏差。所以理论上，对于分频箱而言，喇叭距离越近越好。为了避免这个问题，所以就出现了同轴喇叭。但是也完全不意味着同轴喇叭就不需要考虑相位，因为电声信号通过分频电路以后，相位都会发生改变，所以**同轴喇叭不是让两只喇叭相位完全相同，而只是发声点基本相同**，这样在不同的位置上聆听，都能保持良好的定位。所以，对于同轴喇叭，也同样要把相位**对齐**。

同样的道理，有的朋友在做箱体时，故意让高音单元靠后一些，希望通过调整单元的位置来对齐相位，这也毫无意义，还是这个原因：电声信号通过分频电路以后，相位会发生改变。并且，这样的处理往往还会让高音单元周围产生很多边角，反射、干涉和衍射都会很强烈，高频段的曲线起伏不平。

再插一句。。。

我们理解了相位，就有一些名词，不太理解了，比如“相位失真”。这个词，在功放中无可厚非，但在基于功率分频中的音箱中，是值得商榷的。在相位上和原始录音发生了一些偏移，并不影响结像和定位。并且，通过了分频器，相位一定会发生变化。声学处理得当的情况下，在相同的信号下，只要左右两声道的声压和相位一致，结像就会如针尖一般。所以，如果在介绍音箱的枪文中看到相位失真这个词，别太相信了。

3.4 第四步，确定分频电路

有人认为这是音箱的灵魂，是做音箱做关键的部分。我做了数百对音箱了，分频器动过了不计其数，也不好说哪个环节最重要，一个环节做坏了，整个就都坏了，但是分频电路确实是非常关键，并且对于初级 DIYer 而言，分频器可能是最难逾越的地方。

这个没有捷径，只能不断地学习，不断地试验。但是千万不要用公式计算，老老实实用软件模拟。

分频电路，在我看来，主要有三个原则。

第一个原则：相位齐性良好，以确保结像、定位、声场；

第二个原则：频响曲线基本平直，以确保三段平衡；

第三个原则：确保整箱最小的失真，但这颇有争议。

(1) 相位齐性，永远不要忘记

关于相位对齐，上面已经说了，这里就不说了。

(2) 把曲线调平，是基本原则，但并非完全平直就好听

关于频响曲线基本平直，这个基本上是共识，但里面玄机很多，我稍微废话几句。

至于您采用几阶分频，这都不是太大的问题。有人说越简单越好，有人说越高阶越好，我认为这都是有失偏颇的，只要能实现我说的三原则，事无绝对。

因为障板效应，低频一般会少 6 个 db。这个一定要处理的，不能不管。我们通过功率分频器，是不可能把少掉的部分加上，只能把多余的部分压平（所以有些箱子中低音单元的灵敏度才 87，就标整箱灵敏度 87，我只能说：拖出去打）。

如果您经常实验的话，就会发现，如果低通上的电感过大，线阻就会太大，导致无法使用空心电感，只能使用容易产生磁饱和的铁芯电感（事实上，真要达到磁饱和也比较有难度，但铁芯电感声音确实不如空心电感通透）；

但如果低通网络上的电感过小，就会在中频段形成一个爬坡，那么这个时候一定要在低通上并联一个 LCR 电路，C 一般在 15-47 μ 之间，R 一般在 6.8-20 欧之间，L 则一般大于 1mh，这个并不绝对，要尝试才可确定。

如果仔细观察一些箱子的分频器，如果低通电感量不大，又没有这个 LCR 电路，基本上，这个箱子的低频可能会很差（当然也有例外）。

但是，频响曲线并非完全平直就会好听。

有的箱子针对胆机多了优化，呈现出两头翘的频响曲线，中高频段会略微下去一点，中间还鼓个小包，频响曲线呈现出一个元宝型，这样会更好听。

为什么呢？低频翘起来，是因为有的胆机的低频少一点，用频响曲线做一下补偿；中高频段下去一点，是让声音更加耐听；超高频段稍微、是稍微翘一点点，可以让高频更为华丽。

现代 hiend 多为石机，所以，低频部分不是问题，所以频响曲线可以前半截很平直，后半截做成一个半元宝型。

关于频响曲线，我自己也琢磨过很多，也不断的产生新的灵感。**不同的喇叭，也需要不同的曲线，来表现它最合适表达的音乐。**有的喇叭分析力低一点，在某些频段就做一些提升；有时候某些喇叭某些频段失真大，在可接受的范围内适当做一点压缩，也未尝不可。总之，这东西很个人，很难有一致的观点。

还有一点，不同的功放，更需要不同的曲线，这就需要根据自己的功放来调整。但是，如果让别人帮你做，这一点就不可控了，这是个大问题。

（3）在分频点的选取上，尽可能抑制失真

关于确保整箱最小的失真，这个问题之所以很有争议，是因为有些朋友就喜欢听失真，特别是偶次谐波失真，这样的声音厚暖，有韵味，即所谓的音乐性，这个是让人很头疼的事情。

既然无法满足所有人，那咱们就先说自己的。

谈到抑制失真，就不得不说到喇叭的搭配。**喇叭的搭配第一条原则，就是失真可控。**

一般喇叭的失真都是突然增加的，这个可以作为确定分频点的重要依据。比方说，一支高音，在 2.5k 以下的失真突然增加了，那肯定就不能分在 2.5k 以下；一只中低音，在 2.0k 以上的失真突然增加了，那肯定就不能分在 2.0k 以上了。

即使不考虑喇叭的风格和音色，两只喇叭的失真较低的频段有交叉，两只喇叭才能搭配，这是喇叭搭配的第一条原则。

对于失真的测量，是很麻烦的，设备很昂贵，即使是最便宜的 CLIO，也要上万，并且测量条件也很严格，所以一般玩家，肯定没办法测。我有仪器，可以测一测，但多数朋友是没有这个条件的，怎办？网络很厉害，可以在网上查到很多资料，作为参考。对于中低音喇叭的失真，还有个经验性的办法，看频响曲线。

有些朋友看频响曲线，主要看平不平。我的观点是：**官方提供的频响平不平，意义不大。**因为，测量条件不一样，在标准障板和上箱后测量的曲线就很不一样，西雅士的曲线常常就是一个大爬坡，没法看，所以也不用看了，并且后期都是可以通过分频器做平的，不用担心。我的习惯是，看离轴响应，如果离轴与轴向的喇叭口快速扩大了，离轴响应的劣化，常常（并不绝对）意味着失真的快速增加，所以分频点是不可以分在这个频率以上的。

另外，有的中低音喇叭的频响曲线，在 4k-8k 之间会出现一个巨大的峰，这是因为喇叭分割振动所产生的谐振峰，这在硬质振盆的中低音单元上很常见。如果单纯看频响是否平直，金属盆就卖不出去了。并且因为有的初级玩家不进行处理，甚至用裸听的刺耳来判断最终的声音，所以就有了所谓“金属声”一说。实际

上，这个谐振峰是可以很容易就处理掉的，分频点低一些，同时在低通的旁路上并一只小电感，或者在大电感上并一只小电容，都可以轻易的处理掉。

另外，还有一条，高音震动质量轻，一般而言，分析力会更高一些。并且从瀑布图上看，在合适的频段上，高音的瀑布图也更加干净。所以，为了让信息量最大，**只要高音可以承受的功率够大，分频点越低越好。**

在网上看分频器，看一些关键元件的数值甚至个头，能够大致知道它的分频点多少，也可以猜得出来这个分频器靠不靠谱。

至于如何确定电路，我想这个问题，只能靠不断地模仿和学习名箱的电路，多和其它的 DIYer 交流，不断摸索经验，没有什么捷径可走。有一个办法就是帮别的朋友打磨音箱，这样对于积累经验是很有帮助的。

千万不要以为按照这三原则确定的分频器就能用了，还是需要一边测量一边进行微调，没个多次试验，电路是出不来的，并且还是要先搭出来实听。完了才能最终确定电路，才能上料。

弄完以后，别忘了调整吸音棉，倒相管，一样都要边调、边测阻抗曲线（阻抗双峰基本等高）、边听。这个阻抗曲线，单独看意义并不大，还要结合箱子本身的设计来看。

即使全部完工了，也还是再测一遍，以防接线接反，这是常犯的错误……

3.5 第五步，元件的搭配

关于元件的搭配，我的原则是，缺啥补啥。不同的位置上，结合不同调音目标，也应该搭配不同风格的元件。

（1）电容很重要

绅士宝的喇叭或者类似的纸盆，或者比较厚声的 PP 盆如 AT，声音本身就足够厚暖了，以增加线条感为主，建议多采用德系的元件，比如蒙多福 Mundorf 系列的。相似的风格，更为廉价的是本尼克、霍夫兰等。

西雅士镁盆、伊顿、艾卡顿这类的比较直白的，以增加厚度为主，建议搭配 Jantzen 的系列电容，入门一些的电容器包括大小 S；

像魔雷、西雅士三明治纸盆，我觉得两可，看听音偏好。

当然，Mundorf 和 Jantzen 型号很多，至于具体哪个型号更合适自己的喇叭，我想这个问题还是留给各位烧友自己去尝试吧。

当然有的朋友喜欢把某个特点做到极致，这也可以尝试，或许有惊喜。

(2) 电感也很重要

在低通电路上，电感也很重要，有一条原则是线阻越小越好。至于是铁芯电感、空心电感、铜箔电感，在不同的位置上应该有不同的搭配。

铜箔电感线阻小，但容易产生分布电容，不过低通上问题不大。多股线线阻也不大，表面积大一些，高频信号的损耗小一些。空心电感，线阻比较大，性价比最高。铁芯电感，容易产生磁饱和，但实际上要产生磁饱和，电流是非常大的，一般也达不到。

所以，各类电感各有长短，从实际听感上来看，铜箔和铁芯的动态比较好，声音暖一点，但铁芯的分析力似乎要低一些；空心电感声音干净，大线径的也；多股线的分析力和层次感稍强。

(3) 不同的位置上，使用不同的元件

一个被普遍接受的常识是：高通上，电容很重要；低通上，电感很重要。这是对的，有科学依据，并经过了大量实践来验证。基本上，串联的元件比并联的重要，应该花更多的钱在串联元件上，而不是一通乱买，一通乱烧。

我的建议：

低通，直通的大电感，可以投入多一些，有钱上 12awg 或者 14awg 的铜箔，钱少上大线径的铁芯，追求性价比就上空心和多股线。如果三分频的话，还可以选择环形电感，这个线阻非常小。

低通，并联的电容，采用便宜的薄膜电容，比如本尼克等入门电容，电阻也不需要太好。

低通，并联的 LCR 陷波电路，数值很大的，可以用电解电容，铁芯电感，大功率电阻。

高通，直通串联的电容，多投入一些不会错的，大牌的贵的，直通的电阻也不要太次了。

并联的小电感，因为数值不大，也可以上 16awg 的铜箔，也不贵，省一点就

空心或者多股线都行。

并联的电阻，因为电阻不贵，无所谓，对得起单元就行。

至于三分频系统中的带通，还有几个电电感，也是一样的原则，串接的用贵的，并联的用便宜的。

3.6 关于失真

(1) 音色与失真

先谈谈喇叭的音色是怎么回事。要谈音色，就必须要谈失真。

为什么有的喇叭听起来比较厚声，有的喇叭听起来比较中性，有的喇叭有听起来比较干冷？

这些东西就是失真带来的。

喇叭的失真，可以分为线性失真和非线性失真。简单的说，线性失真具体表现就是频响曲线上的起伏，低频多表现为暖，低频少表现为冷；非线性失真的表现则是音色的厚、薄。

非线性失真主要包括谐波失真、互调失真等等，但是影响最大的，还是谐波失真。

偶次谐波失真会使音色偏厚，奇次谐波失真会是音色偏薄。

人耳对这两种音色的敏感度是不同的，对于偶次谐波失真的接受度要大幅高于奇次谐波失真。

并且，很多人喜欢厚声，这就是音染的来源之一。

有时候，在频响上表现很平直，换句话说，线性失真控制的很好，但奇次谐波失真偏高，就会显得躁，不耐听。

这在调音时，就应当通过分频器避开这些奇次谐波失真偏高的频段。

对于偶次谐波失真，当然就要从两面去看，主要是调音师对音乐和喇叭特性的理解和设计思路。

至于如何去利用或者规避偶次谐波失真，可以说各个厂家是见仁见智。对于如何处理偶次谐波失真，争议非常大，我也不太想给出建议，毕竟这是个人口味的问题。对于这一点，我个人不会去追求但可以接受，通常的处理就是基本保持喇叭的原有风格。

（2）调校的目标

我也顺便谈谈一些个人观点。

我也常常在思考，什么样的单元是一个好单元，当然极度的好单元，一定是超高解析力，超低失真的，然而，实际上，我们很难获得这样的产品，这也是物理限制，目前的电声、材料科学，还无法实现兼顾。

那么，在无法兼顾的情况下，什么样的箱子，才是好的呢？这是个哲学问题，很让人纠结。

有段时间，我连续听了很多场现场，突然发现，现场是一点都不会让人觉得疲惫的，并且其实没有那么多细节，甚至当你沉浸在音乐中时，连定位都忽视了，然而一旦出现错音，却是让人很懊恼的，有趣的是，如果够近，你可以清晰的知道是哪位乐手。

所以，我个人的观点，**首先是要耐听**。换言之，就是抑制奇次谐波失真，但是偶次谐波失真，倒未必是主要的，并且，偶次谐波失真，主要是喇叭自身特点决定的，调校本身很难控制，如果不喜欢，那就尽量用元件去调节。

其次，是要平衡。平衡的声音，是正确表达乐器的基础，这是一定要注意的，相信都有共识。关于频宽，在可能的情况下，频宽尽量大固然是好的，但也可以接受因为某些灵感的小频宽作品。

然后，才是细节。细节好的箱子，乐器的层次感非常好，这在大部头的音乐中感觉很棒。但是，细节一定要在平衡和耐听的基础之上的。有些时候，对于两分频系统，为了提升中频的分析力，故意减少低频，导致声音不平衡，这样的感觉更加糟糕。

当然，调校是很个人的事情，并且搭配很重要，功放，前端，线材，声学处理，都很重要。但是，当你学会 DIY 以后，这些都不是问题，我们完全可以针对自己的器材，调出自己想要的声音。但是完全指望别人在没有你的器材搭配的情况下，做出你想要的声音，也极其困难，甚至不排除出恶声。

（3）提升自己的声学素养

提升自己的声学素养是一件永远需要做的事情。注意，不是音乐素养，而是声学素养，这包括了对音乐和乐器的理解、对声音各个频段的了解，特别是后面

一点，这对 DIYer 更加重要，这样才知道什么最接近正确的声音。

DIY 箱子多了，听到一对箱子，会大体上知道他有什么特点，甚至了解在什么频段上有什么特点，那么，这又是怎么来的？换句话说，练耳是怎么练的。也很简单，就是对照不同的频率自己听，自己比较，时间长了，就知道各个乐器的大致频响范围。

不少朋友家里有些乐器，也许水平很臭（如我），只要听得多，对调校是很有帮助的。

如果没有乐器，就用自己的嗓音作为参照，现在有手机 APP，自己试一试，就明白了。如果一对箱子中低频有问题，用这个办法可以快速估算出问题的频率。

另外，Do、Mi、Sol 的频率是多少，高音 C 是多少，中央 C 是多少，这些记住，粗粗一算也就明白了。

还有一个办法，就是用 eq，这样可以解决很多问题。比如，鼻音过多什么原因、齿音过多什么原因、声音发沙什么原因、口型太大什么原因、怎样提升乐器的华丽度、怎样在基本不影响平衡度的情况下提升分析力，等等。这些小技巧需要大量的实践来获得更加直观的感受。

常听现场，最好是不插电的，也是非常好的。

3.7 音箱 DIYer 的困境

最近几年，我走上了一条半玩半商、以商养玩的路子，做了很多箱子，不计其数。其实，有成功的也有失败的，很多经验，但更多是教训。认识了很多朋友，收获了很多，也遭遇了不少困境，与其说是总结困难，还不如说是吐槽吧。

（1）箱体、箱体、箱体

作为音箱 DIYer，其实总不可能样样精通的。况且，身处上海这样一个魔都，木工活、油漆活实在是没有条件，粉尘、噪音极大。倘若只是业余时间来玩 DIY，很难有合适的条件来自己做箱体。找到一款自己喜欢的箱体，实在是让人欣喜。

幸运的是，淘宝提供了一个做箱体的平台；不幸的是，淘宝上让人满意的箱体供应商不多。

其实，淘宝上也有不少不错的箱体，但是，商家为了生存，要保证销售的量，所以一般很少会做高成本的箱体，材料不会太好。但是，我有一些想法，特殊的

外观、特殊的工艺，需要箱体厂和我一起去完成。并且，每只喇叭都有相对应的容积，还有倒相管的规格也需要匹配。此外，有些朋友烧到一定程度，就会想要定制。那就会连箱体一起定制。但是，一对两对的量，其实很多箱厂是不太愿意做的。倒不是说做的不好，而是做的好的周期长，并且，时间极其不靠谱，答应两周交货，两个月交货就算幸运。答应一两个月交货，那就不知道猴年马月。因为，没有量，箱厂盈利太少。也不怪他们，我们只是玩玩，而他们要靠这个生活，帮我们做，已经算是帮忙了。

并且，一两对的做，质量也是很难保证的。所以，常常会出现瑕疵，比如开孔错误、箱体内部处理不好、贴皮漆面的瑕疵等等。甚至包括网上很有名的几位，也一样会出问题。

所以，箱体是让我最头疼，却是现有模式又没有办法的事情之一。这样的问题，我和淘宝上几位大的喇叭经销商交流过，也是一样的问题，他们也同样没有办法。所以，这个模式，走不下去了。

但是，如果批量做，很多问题就会迎刃而解，因为可以先打样，修改完善，以后照做即可。所以，关于箱体，唯一的解决办法，按照自己的思路，设计几个固定的箱体，一次性批量做。

另外，还有一些箱体，工艺复杂，做的不好就很难看，还不如干脆简单点。

（2）平衡度

平衡度也是一个极其麻烦甚至无解的事情，特别是搭配、摆放、室内声学处理，对平衡度的影响都很大，特别是低频。

器材的平衡度是个很大的问题。音源方面，大部分情况下，相对其它器材，平衡度的差异相对而言，还不是那么大。但是功放，就五花八门了。不同的管子，不同的厂家做的石机或者胆机，平衡度都多多少少有些差异，这也很难有一个固定的标准。并且，这和功放是不是DIY/复刻的没关系，厂机本身就有很大差异，还有些朋友喜欢打磨，这让我们无可适从。有次，有位和我多年交情的本地老烧请我帮忙做箱子，在我这里试了不同的方案一一比对、试听，最终确定方案，可是等到分频器做好，高高兴兴搬回去，一接上惨不忍听，我还专门为这事跑了半个上海帮忙解决问题，其实就是功放的差异。线材的差异也不小，但是主要还是

功放。

到后来，也只能多买一些不同风格的功放，一一试听，没有办法。但这样的问题又来了，妥协的结果，就是达不到极致。

对玩技术的人而言，达不到极致是让人崩溃的。

事实上，永远也达不到极致。因为，何谓极致，本身也没有标准。

更让人崩溃的问题是摆放和声学处理的问题。听音距离短，低频少；空间大，地板硬，又没有吸收、扩散的话，低频就会发混，发闷。低频出问题，中频也会受影响，箱子就没法听了。这个，无法控制，让人更加崩溃。

这些事情，是很尴尬的，甚至曾经让我和几位曾经关系很好的朋友闹到最后不欢而散甚至恶言相向。所以，也必须要解决，但总不能每次都跑到人家里去。

最终，我想到了一个办法，对于分频箱，设计一些开关，用于调节中高频的平衡度。这样，低频的相对量就可以控制，幅度大约在 3db 左右，大致满足不同的声学条件和搭配。对于三分频箱，目前已经开始了，初步有些效果；对于两分频箱而言，方案也有了。但是，这个处理对于成本的提升大约在 200-1000 不等，我也在考虑进一步优化的方案。

(3) 个人偏好

青菜萝卜，各有所爱，此题无解。

3.8 小结&划重点

(1) 每只喇叭都有自己的 TS 参数，低音/中低音的 TS 参数可以决定箱体的容积和倒相管参数，切记不能胡乱拿个箱体就用，一定是经过设计的；

(2) 箱体的外观，高音周围最好不要有尖锐的棱角，箱体窄一点好；

(3) 箱体的材料，外硬内软的复合材料最好，如果实在不行，就密度板或者桦木多层板；

(4) 一定要测量，没有测量，就做不成箱子，任何胡吹都只是胡吹；

(5) 调校注意三点：相位、频响和失真；

(6) 元件的搭配，总结成一句话：盐多了加水，水多了加盐；

(7) 如果想为朋友做箱子，难度真的很大，搞不好伤人伤己。