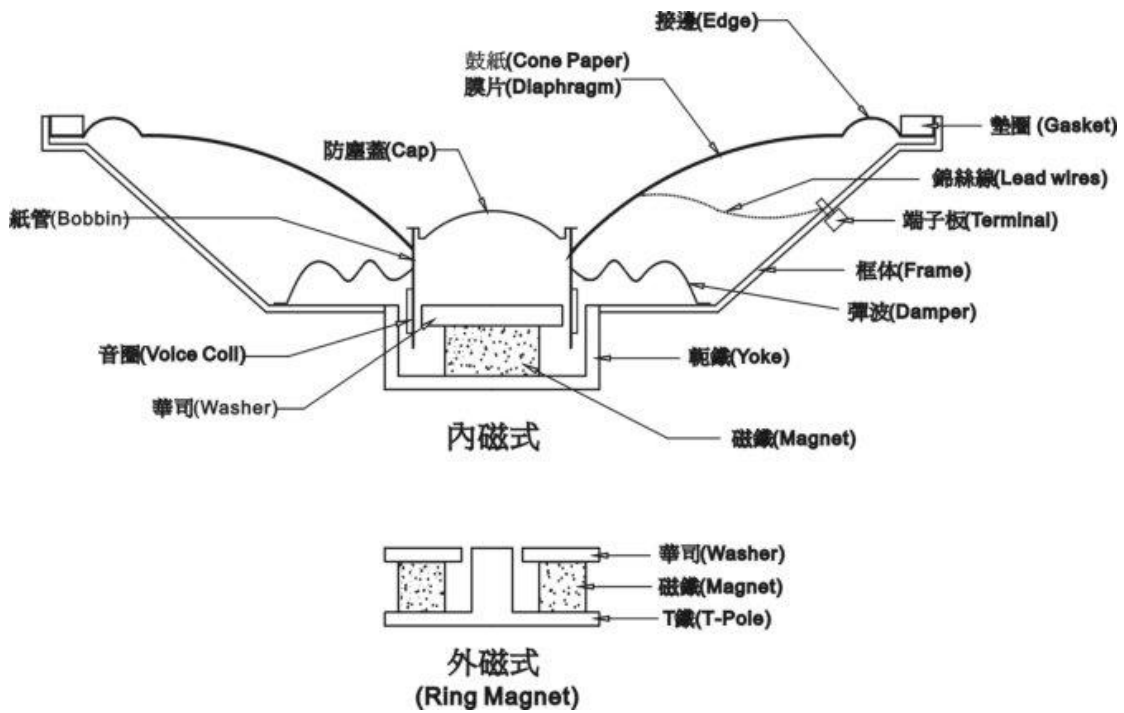


# 喇叭的基礎知識

## 1. 喇叭的零件：



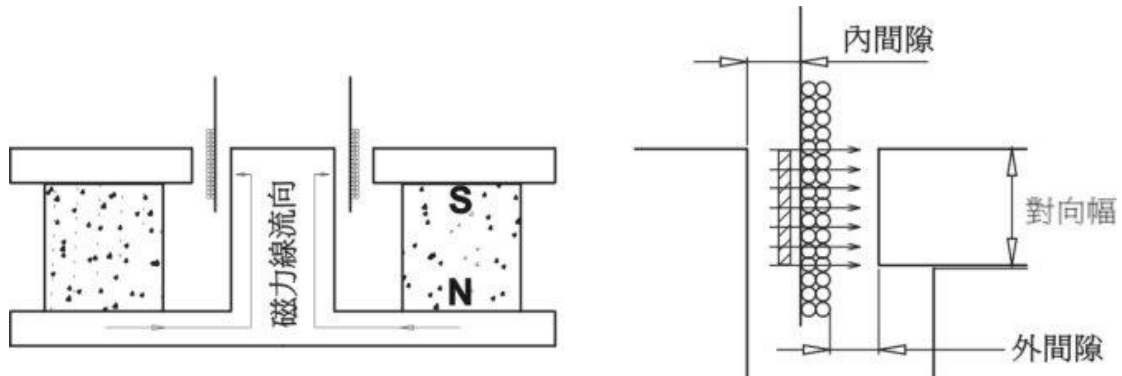
### A. 音圈的驅動力

- 磁間隙中的磁場強度，單位為韋伯/。 - 音圈導線(銅線)的長度，單位為米。
- 流過音圈的電流，單位為安培。

這是喇叭驅動的公式，我們可用的資源為；

- 磁間隙中的磁場強度，我們現在在華司上增加一片磁鐵，主要反應在磁場強度的增加。

- 音圈導線(銅線)的長度，兩層的音圈，我們改為四層，四層改六層，體現在長度的增加。
- 流過音圈的電流。假如電路已經固定，8 歐姆的喇叭，改成 4 歐姆，明顯的增加流過的電流，但通常不是我們來決定，而是客戶來決定。



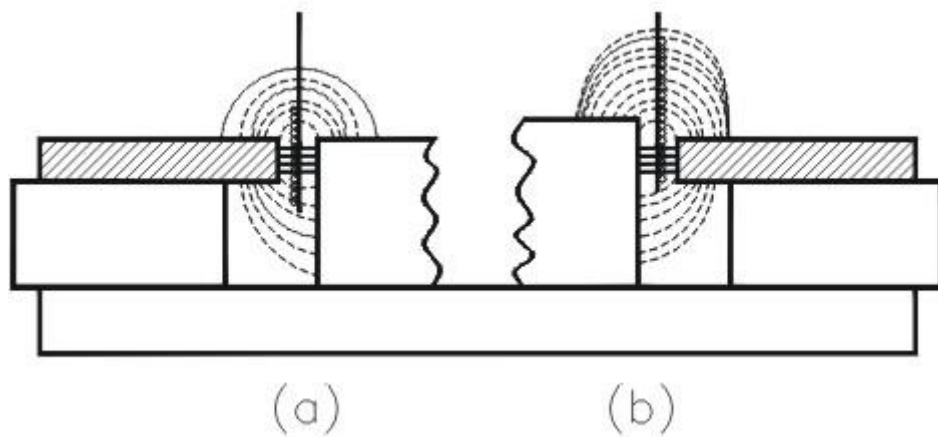
## B.間隙設計的考量

設計考量的重點在【紙管式的音圈；內間隙設計成一致，外間隙隨阻抗的變化而改變】。【無紙管的音圈；外間隙設計成一致，我們考量上音圈製具的一致】。

## C.磁力線的分佈

下圖(a)為我們的常規設計，磁力線作上下均勻的分佈。但假如把它做成不等平面的設計如圖 b，磁力線會被擠到上半部去；既圖上的上半部較多，下部較少。

注意：不等面的設計，在任何一邊都行。意思是假如是內磁式，Yoke 邊凸出，或華司邊凸出都行。



我們所生產這一系列的喇叭，為了不使音圈打到 Yoke 底部，都把音圈紙管往上移，所以我們應該把磁迴的設計成不等面，使裸露在上面的音圈還會被磁力線所含蓋，或許，這多出的部分，可以讓我們增加 2db 的音壓。

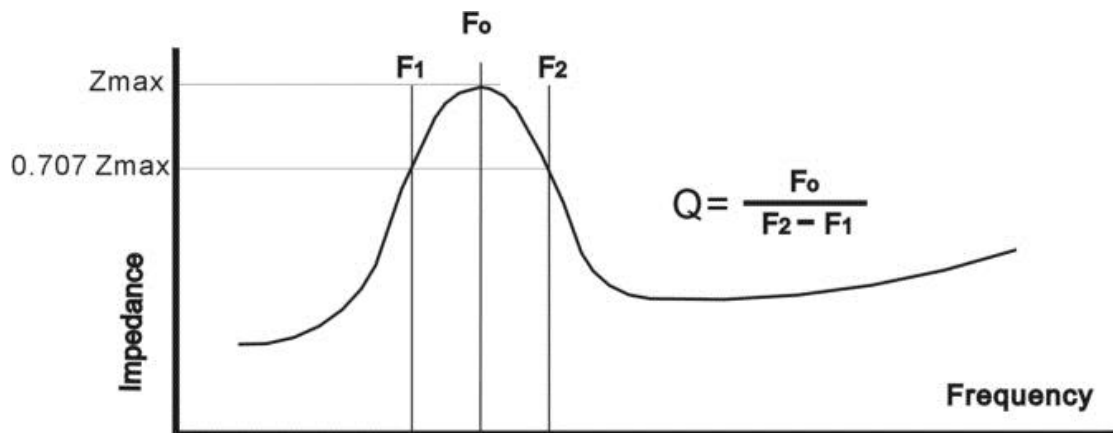
2.  $F_0$  ( Lowest resonant frequency; 最低共振頻率) =  $M_0$  = 振動系的重量; 包括鼓紙(振膜)、音圈、彈波的附加、防塵蓋、膠。  $S_0$  = 振動系的柔順性; 包括鼓紙(含鼓紙的邊緣 Edge)、彈波。測  $F_0$  值是在【自由音場】下測得，在我們實際的量測時，務必注意喇叭的前後不可有障礙物擋住，而影響氣流的流動，否則所得的值就不正確了。

比較正確的測試方式為用阻抗曲線測出的值，較準確。通常測定  $F_0$  的電壓為 1V，但我們會碰上喇叭的功率不足 1V 的情形，在這種情況下，我們會改用 0.5V 測，但必須載明於規格書上。

測試的電壓愈高，所測得  $F_0$  的值會愈低，所以必須要定出一個共同

的規範。

Q 值：代表在諧振點  $F_0$  的諧振品質因素



Q 值，和電子電路的 Q 值定義一樣，可以從阻抗曲線上來求得。Q 愈高表示曲線愈尖銳，以振動的現象來說，是振動不易停止，所以聽起來，低音會變得渾濁。但在小喇叭的情況來說，因為低音都不易做好，所以 Q 值都高一些。Q 質的最大用處在於設計音箱時，音箱設計的著手點都從 Q 開始。當然我們也可以透過其他方法來調整 Q 值。

如何調整品質因素  $Q_t$ (比較舊的喇叭分析教材只定義  $Q_t$ ，或  $Q_0$ 。新的分析方式把 Q 拆成機械共振的  $Q_m$  及電氣共振的  $Q_e$ ，它們兩者的並聯值為  $Q_t$ ，既 )。

以下是節錄自【揚聲器及其系統—南京大學出版】書上關於 Q 的定義。或者符號說明：

- 放大器內阻，單位為歐姆。
- 音圈的直流電阻，單位為歐姆。
- 磁間隙中的磁場強度，單位為韋伯/。

- 音圈導線(銅線)的長度，單位為米。
- 支撐系統的等效力順，即鼓紙折環(錐緣或叫 Edge)和彈波的總力順，單位為米/牛頓。
- 振動系統的等效質量，即鼓紙和音圈質量之和，單位為千克。

由此可知，揚聲器的值，與的平方根成正比，而與的平方根成反比。改變這兩個量的大小，當然可以改變 的值，但效果並不顯著。而與的平方成反比，可見改變值的大小，即可明顯的改變的值。事實上，這是控制揚聲器值所經常採用的辦法。

此外，我們知道，

音圈的驅動力：

音圈的反電動勢

- 音圈的振動速度。
- 音圈的反電動勢(電壓)。

音圈的反電動勢：我們可以看做是音圈因為運動，產生一個阻止電流流入而極性相反的電壓。在阻抗曲線的表示上，假如是 變得很高，表示反電動勢的電壓很高，也表示 Q 很高。從另一個角度看，就是 (音圈的振動速度)很快，套到我們 36mm 的喇叭看，也有合理的解釋，因為振速高，所以壽命比較短。假如在我們的 Mylar 喇叭產品中，把不織布貼上，相當於把機械共振的  $Q_m$  降低。

### 3. 響應曲線

喇叭對於(輸入)不同頻率的電訊號，所產生音壓的大小。通常將 X 軸設定為頻率；對數刻度，Y 軸為音壓；線性刻度。主要作為判斷一支喇叭好壞的重要依據，理想的曲線為一條直線，就是對任意頻率輸入的電訊號喇叭響應為一致的輸出。

音壓(db Decibel):

定義為  $db = 20 \log$

壓力的單位為  $\text{Newton} / \text{m}^2$

$2 \times 10^{-5} \text{ Newton} / \text{m}^2$  (或  $2 \times 10^{-5} \text{ Dyne} / \text{cm}^2$ ) 是人耳能聽到的最低界限，我們拿來當音壓位準(0 db)。

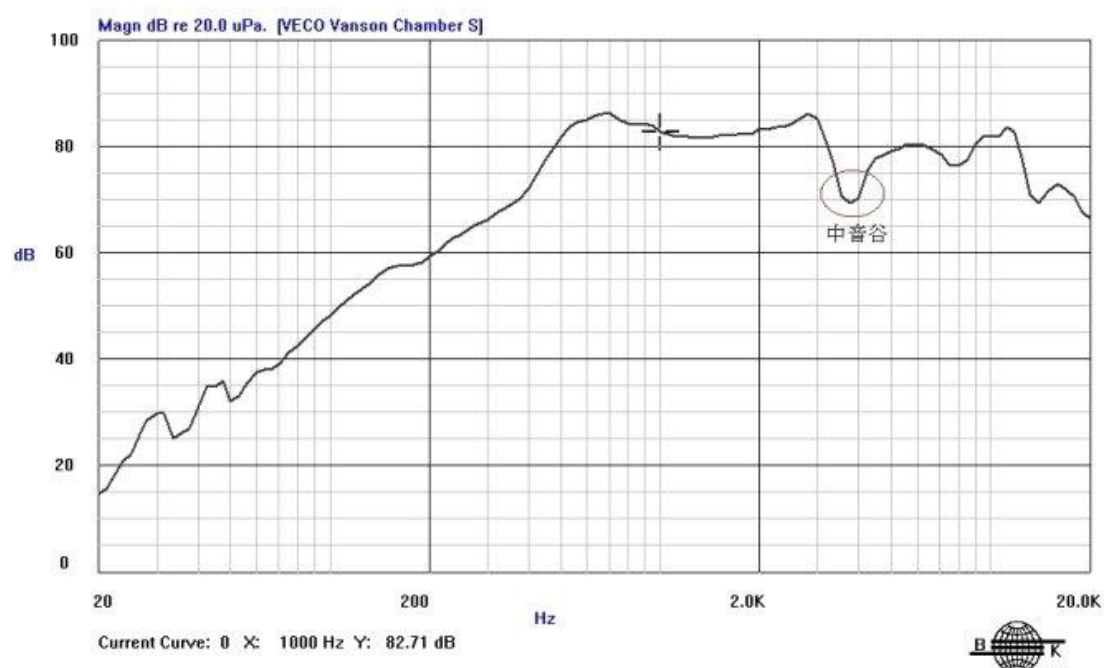
注意：db 是一個比較值，不是單位，所以我們可以改變【位準、或參考值】的值來從新定義 db。常用的位準值如 1 伏(V)，稱為 dbV (常用在麥克風的感度上)。另外以 600 歐姆消耗 1mW 的功率(相當 0.7745 V)為參考位準值的，我們稱為 dbm (m : mW)。

頻率：每秒鐘振動的次數，單位為 Hz (Hertz)。慣稱 K (Kilo =  $10^3$ )、M (Mega =  $10^6$ ) Hz。

有效頻率範圍： $F_0 \sim F_c$  (Average SPL - 10db)。這是 JIS、CNS 規範的標準。

中音谷：在 1000 ~ 3000 Hz 的中音範圍，當一個訊號送到鼓紙的固定邊，反彈回來，恰好碰上後來趕上來的訊號，產生一個抵消的作用，在曲線上會有一個下跌的山谷形狀，這叫中音谷，是我們工程師努力要解決的工程問題。

在鼓紙折環(錐緣或叫 Edge)利用不產生反彈的形狀、能吸收振動的材質、塗佈吸震的膠等為有效解決此問題的對策。



#### 4. 失真

當喇叭收到一個純音的電訊號，鼓紙相應的震動並非如預期的只產生該訊號的震動，會有它一倍、二倍頻率或 1/2 倍、1/4 倍...等等的震動，這些震動產生的聲音，我們稱為 **【諧波 Harmonic】**。

把諧波的總能量和全部能量之比，我們稱為失真，也慣稱為 THD (Total Harmonic Distortion)。

增加鼓紙本體的鋼性、均勻的驅動力，可以減少失真的現象。

## 5. 功率

沒有儀器能一下就測定出喇叭的承受功率是多少，通常的方式都是用壽命試驗來決定。詳細關於喇叭的壽命試驗，請參照【喇叭的壽命試驗】有詳細的說明。功率大並不表示聲音就大，詳細的關係參照它項說明。注意【功率】和【效率】意義上的不同。

功率：是指以電的訊號送給喇叭，消耗在喇叭上的電功率。

效率：喇叭是一個換能器件，將電能轉換為聲能，效率是指這個轉換的比值。簡單的指標參數就是 db/W M。

喇叭效率都不高，依我們現生產的產大概都不超過 10%，其他的能量大部分都轉換成熱能和動能了。

正常功率(Normal)：是指長時間工作沒有問題的功率。

最大功率(Maximum)：短時間，非連續性，喇叭還能正常工作的功率。

功率、距離和音壓的關係；

$S_c$  (SPL 換算值) = (SPL 測試值) + 20 - 10:

分別為測試距離、計算距離：

測試功率、計算功率

註：如原以 0.2W、0.5M 測得 SPL 為 80db，現功率不變，距離改以



1M 測，則，  $80+20\text{Log}(0.5/1)-10\text{Log}(0.2/0.2) = 74 \text{ db}$ .

如原以 0.2W、0.5M 測得 SPL 為 80db，現距離不變，功率以 0.4W 測，將得，  $80+20\text{Log}(0.5/0.5)-10\text{Log}(0.2/0.4) = 83 \text{ db}$ .

整理出功率、距離和音壓的關係如下：

功率不變、距離增一倍↕	SPL 減 6db↕
功率不變、距離減一半↕	SPL 加 6db↕
距離不變，功率增一倍↕	SPL 加 3db↕
距離不變，功率減一半↕	SPL 減 3db↕

## 6.極性

以電池加在喇叭標示的正端，鼓紙是向前推出。

在雙聲道以上的設備裡，對極性的要求就很嚴謹。

## 7. 環境試驗

包括： 高溫、低溫、高濕、冷熱循環、冷熱衝擊。震動、落下。

鹽霧。

## 8. 各零件功能及材料

### a.框體

塑料： ABS、ABS+GF、PBT+GF、ABS+PC 等。ABS+GF 為塑料合金可以改善物性。

加 FG (Fiber Glass)改善鋼性及耐熱性。

鐵材：以低碳的鐵材沖壓而成，碳會增加磁阻，不利於導磁性。

理想的喇叭框體材料是，軛鐵部分良好的導磁，框體部分不導磁，磁力線才不至於分散。

#### b.端子板

用衝剪纖維板後鉚上鉚釘而成。主要做為訊號引入的端點。

印刷電路板(紙質板或玻璃纖維板上貼銅箔)蝕刻出接點。

#### c.錦絲線

以銅箔圍著纖維紗捲繞而成。功能在提供一個緩衝的空間，音圈的震動不會直接傳遞到端子的固定點，否則此引線會因拉扯而斷裂。

紗也以耐熱性及耐疲勞度而分等級。

銅箔可以分一股(一片銅箔)、兩股…等捲繞，依須要是否鍍上錫等。

#### d.墊片

主要用來墊高喇叭和機殼間的距離，以免鼓紙碰撞了機殼。其他還有減震、防止漏氣、防水等功用。

材質有紙、EVA、CR、橡膠等，設計要考慮不能碰觸鼓紙的邊緣，可能使喇叭的  $F_0$  增加，失去原始設計的值。

#### e.軛鐵、華司

做為磁氣迴路的一部分，必須盡量的減少磁阻，磁飽和系數大，防銹良好。

和框體的鐵料一樣。

#### f.彈波

用布材經樹脂含浸，再熱壓定型而成，最近的產品也有以 PI 衝剪成型或用 Mylar 成型者。我們取其恢復性、耐疲勞性。

主要的功用在支撐音圈，在音圈受驅動時，其運動時能在我們設定的間隙內，不去碰撞金屬件。

基本上是一個對喇叭特性供獻很小的零件，沒有彈波，特性還更好，但沒有彈波的產品，量產有很高的難度。

**g. Bobbin 線軸**(因我廠都用牛皮紙的材料，因此都用紙管這名稱來替代 Bobbin)

在紙上塗佈耐熱及能和漆包線接著的樹脂而成。對於須要較高的耐熱等級，有不同的材質因應，包括樹脂及紙管的材料。紙管主要的功用在於使音圈能正確的在其工作的位置。此外，為了減輕重量及增進散熱，可以在紙管上打孔。

在紙管的材料上有牛皮紙、鋁箔、PEI 的押出管、PI 捲繞管(見膜片說明)、Nomex 的織物等。

**h.防塵蓋**

防止異物落入音圈內。通常這樣功能的防塵蓋是用不織布仿彈波的做法做的。另外可以用 Mylar 或鈦合金等輕質的材料做，用於調整高音的特性，注意正或倒過來貼其特性會有所不同。

在低音喇叭里，也可以適當的設計防塵蓋的形狀及材質，來消除高音。

**i.音圈、自融漆包線**

是喇叭的引擎，主要材料為銅線，先被覆一道絕緣層，再塗上一道遇醇復活或受熱溶合的樹脂而成。大部分我們所用的漆包線為醇類復活

性，當線材露過醇後，會恢復黏性，從而使銅線黏在一起形成線圈。基本上此樹脂的性質和紙管上塗佈的材質類似。和紙管一樣，對不同溫度的要求，樹脂的塗層也不一樣，尤其在大功率時會產生高熱，樹脂更是嚴格要求。在生產線上，會用不同比率的水和甲醇參和，以達到最佳的接著效果。為了減輕音圈的重量，有內心部分是鋁線再包覆一銅層，再經過絕緣、上樹脂等做法的線材，稱為銅包鋁線 CCAW。其他為了增加單位長度下線圈的匝數，把銅線扎成方形者，稱扁平線。近來廠商有推出【高張力】的漆包線，目的是要改善音圈的可靠度。線圈的阻抗：

阻抗是由下式決定  $R(\Omega) =$

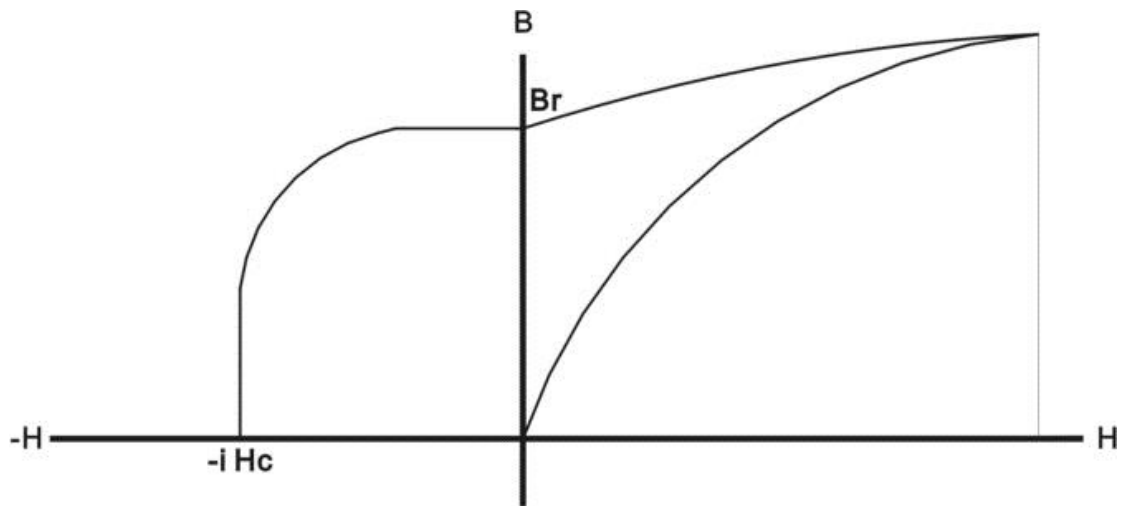
其中  $\rho$  為銅線的電阻系數， $L$  為線的長度， $S$  為線的截面積。實際操作時，我們也不以上式來計算，而是由廠家提供的數據來製作，廠商會提供  $\Omega/KM$  的資料，我們據以計算線圈的長度。已有用完善 Excel 做的線圈公式可用。

漆包線的塗佈樹脂對環境非常敏感，必須存放在除濕間裡，妥善保存。

## j.磁鐵

就像手機的電池一樣，是提供喇叭動能的源頭。

在使用上，鐵氧鐵沒有溫度的問題，就是說工作溫度到 100 度也沒有很大的問題。但 NdFeB 就有溫度的問題，見下列曲線：



第一象限為磁鐵充磁的曲線，當  $H$ (磁場強度；單位為  $Oe$  Oersted) 增加到一定程度後， $B$ (磁束密度  $Gs$  Gauss 高斯， $10 Gs = 1 mT$ ) 不再增加，到此為磁鐵的飽和點，移去  $H$ ，曲線會回落到  $B_r$  點，此點為剩磁點。當我們轉為負的  $H$  時， $B$  會像第二象限的曲線，當  $H$  達  $-iH_c$  (矯頑力) 時， $B_r$  降為零。喇叭的應用在磁鐵的第二象限， $B_r$  的高低決定磁鐵的總能量；叫磁能積，單位為  $GsOe$ ，因單位都很大，通用為  $M Gs Oe$  (既  $K \times K$  為  $M$ ， $10$ )。  $iH_c$  影響磁鐵的耐熱特性，通常來說，必須要達到  $17K Oe$  才能在  $85$  度工作。另外要注意磁鐵受熱導致磁性能的降低為不可逆的特性，也就是說，移去熱源後，磁性能也不會恢復。磁鐵表面的強度並不是均勻分布的，所以以高斯表去測磁鐵的表面場強，必須測幾點然後去平均，在間隙裡的情形是一樣的。另外  $NdFeB$  的基本素材中， $Nd$  和  $Fe$  都是很活潑的金屬，很容易氧化，我們電鍍上一層保護層，才能使  $NdFeB$  的磁鐵長期工作。有參考書可參考做精確的磁路設計。

k. Mylar; 塑料材質的膜片，我們也慣用 Mylar 來替代塑料材質的膜片。

決定喇叭特性最重要的關鍵器件。形狀、基材厚度、成型溫度等都會影響整體硬度，工程師也就是在解決跟尋求最適值。製作方式：熱壓成型，材料依耐熱性能的不同而有如下數項材料可選用。Polyester film(PET, Dupont 商名叫 Mylar) 最高可工作到 70°C。Poly-ether-imide (PEI): 主要為三菱化學出產的薄膜材料。最高可工作到 90°C。

Poly-imide (PI): 主要應用在電子電路的軟性 PCB(printed circuit board) 上，生產廠商有調質後的特定型號，可以熱壓成型，可工作到 100°C。

### l.鼓紙

紙漿經吸盤吸起後再熱壓成型，這是傳統鼓紙的作法。

為了改善低音和瞬態響應，把鼓紙的邊切去，貼上不同材質的邊。相對於鼓紙的腫體來說，已經是沒有邊了，因此又被慣稱為 Free Edge。

用來當貼邊的材料有【布、海棉、PU、橡膠…等】，當然還有更多更新的材料在加入。編織材料的流行，腫體本身也在變，紙漿已經不再是很普遍的材料了，最大的缺失在吸濕性。編織材料沒有這些缺點，常見的編織材料有碳纖、玻璃纖維、Nomex(Dupont 的一種材料商名) 等。

### m.膠

可以說，喇叭全都用膠黏出來的。

我們常用的膠有：

橡膠系，像 4001 ~4005 (氯平橡膠系)，耐熱性好，價平。

合成樹脂系，像 747H、768 等，接著性好，可惜不耐熱。

以上為溶劑型的膠，通常溶劑均為甲苯，必須嚴格管控加入甲苯的比

率，過高的甲苯，將使膠失去黏性。

AB 膠，為變性壓克力樹脂，固成份(指硬化反應完後剩餘的體積)100%，快速硬化，不須精確比率而能作業，對金屬敏感(不能儲存在金屬容器裡)，是專為金屬接著使用的膠。

厭氧膠，也適用在金屬的接著，在沒有氧氣時硬化，通常須添加加速劑使用，價高，比較不使用在喇叭的行業裡。

環氧樹脂(Epoxy)，固成份 100%，嚴格要求比率跟均勻的攪拌，適用在金屬和三點(鼓紙、音圈、彈波)的接著及電子零件的絕緣填平用。近來有做成單液型的環氧樹脂，是把硬化劑做成微小顆粒狀，遇熱融解而達到硬化接著的目的。

其他還有樹脂乳化以水為溶劑的膠，我們用在海棉或其他對甲苯敏感的材料使用的膠。

基本上，鼓紙和框體接著的部分可比較不用考慮膠的耐熱性，但中心三點(鼓紙、音圈、彈波，或音圈+膜片)的接著就非常重要，因為音圈一工作會產生高熱。此外，中心膠還要比重輕，太重了，全音域的喇叭在高音部分就沒法提升。

磁鐵的接著膠，必須考慮【耐衝擊性】，簡單的說就是，經得起落下試驗。

膠在使用上，可以用濃稠度、放置接著物的時間等來做最適當的應用。必須隨時注意周遭環境的變化，做最佳的調整。加溫可以使溶劑活性，來要帶走溶劑還是要借助風力，效果才比較明顯。

#### n. 焊錫

最適比例的錫為 60~63% 鉛 40~37%，心蕊包助焊樹脂而成。近年電子業的變化，延伸出一些新的產品，諸如免洗錫絲、無鉛錫絲等。注意外徑愈細，單價會較高。

尤其是無鉛錫絲，各國對環境保護觀念的興起，日本已經禁用含鉛錫絲，歐洲也逐步禁用，必定是全世界的趨勢。

#### o. 線材 Harness

分為兩部分，一是電子線，指負載小電流的電線。另一部分為連接器部分，大部分都依知名廠商(如 Molex、AMP、JST、Hirose…)的連接器母座當編號(如 Molex 51021-0200 等)。

電子線，

線蕊的部分，市場上都依美國線規(AWG: American Wire Gauge)的規定訂定。線皮部分，因牽扯到安全規定(簡稱安規，如 UL、CSA、…)，也都以 UL 安規的案號來命名，例如： UL 1571 AWG# 26。



廠家是把電子線用模具打在端子上，然後插入母座上而成，我們要注意線材在端子上的壓著力，太過，可能使銅線斷裂，不足，將使線材脫落。

熱縮套管，顧名思義就是加熱後會縮緊的線套，目的在使線能靠緊一起，便利於成品的組裝。比較知名的廠商為 Sumitube，為 Sumitomo 住友商事旗下的一家公司。

總觀線材，我們必須注意：整體線徑的大小、端子壓著力的大小、端子和母座的拉拔力、熱縮套管熱縮後的外徑、電子線的長度、電子線在母座上安排的順序。