

顧名思義，耳機擴大器是專為驅動耳機而誕生的產品。在早期除了錄音師、總機人員、飛行員...等必須仰賴耳機工作外，其實耳機並不太風行。直到70年代，隨身聽等個人化商品漸漸流行，耳機也開始有了完全不同於以往的視野，從一成不變的全罩式到半開放式、開放式、縮小型乃至耳道式等動圈式、靜電式，可謂百花齊放。

以前擴大機之耳機孔算是附屬功能，在家用音響中，這些耳機孔大多附屬於前級或綜合擴大機內，以並聯或串接電阻的方式將聲音訊號截取出來，由於人耳之耳蝸至耳機振膜間的距離非常短(10-40mm)，況且耳機的效率很高、阻抗不低，因此再怎麼不理想的驅動都能讓耳朵得到滿足的音壓而不吵到別人。

隨著時代的變遷，耳機不再是有聲就好。諸多著名的耳機廠無不絞盡腦汁做出更傳真、更微型的耳機，一方面因應高品質也一方面因應個人化的需求。就高品質的角度而言，以往附屬於前級或者綜合擴大機的耳機輸出孔也漸漸的不敷使用，耳擴的專用線路就此因應而生。

在Amtech設計耳擴之前，我們先收集了現今流通於市場的各名廠耳機，這之中包含了AKG 240、240DF、K501、K701、GRADO 325、325I、RS2、RS1、BEYERDYNAMIC 990PRO、ULTRASONE HF1700、AUDIO TECHINA、DENON、TECHNICS、Sennheiser HD-600、650..等。並針對每一款耳機的電氣特性做全面的瞭解，並且實際的去測試其阻抗變化以及阻抗相位變化，當然也聆聽每一款耳機的聲音特性，實質的記錄下來。

關於各家各款的耳機其在聲音上的表現，並非本文要討論的重點，不過由於各家廠商對人耳等量曲線的設定均不同，其聲音的差異也可謂南轔北轍，這部份就留給各家音響雜誌去評論吧！我們把重點放在與耳擴驅動的相關議題上。

首先是標示阻抗，從這些專業耳機中不難發現其阻抗標示有32ohm、65ohm、75ohm、120ohm、250ohm、300ohm，乃至600ohm不等，假設在不考慮其效率之下，輸入同等的訊號強度(電壓)則30ohm到600ohm其電流差異將近有20倍，以3V為例600ohm所需的電流為5mA而30ohm則需100mA；標示效率又從90dB到100dB不等，當然也有少部分例外。而其強度單位是mW，也就是送給耳機1mW從耳機所能感受到的音感度(音壓)。表面上看來似乎沒什麼

，但可別小看這10dB的差距，在功率乘積之下它可是會讓你感受到很小聲及非常大聲的差異。

從以上兩種基本標示中所延伸出更複雜的變化，假設一只100dB/32ohm與90dB/600ohm的耳機，在基本阻抗不同之下要得到相同的功率強度(1mW)，32ohm需要0.197Vrms的電壓強度，而600ohm則需要0.775Vrms的電壓強度。然而此時在600ohm耳機上只獲得90dB 的音感度，若要在600ohm的耳機上得到100 dB 的音感強度則這10 dB的差異轉換在電壓強度上為 $20 \log 3.2$  也就是0.775V再乘以3.2倍約為2.48Vrms，答案就是想要在上述兩個耳機中得到相同的音感度一個只需0.179Vrms，另一個則需2.48Vrms，這之中相差了13.85倍。如果把這600ohm的耳機用在隨身聽來聽，那肯定會有問題，因為隨身聽的供應電壓大多在3V以下，也就是隨身聽所能輸出的電壓強度將小於 $3V/2/2=1.06Vrms$ 以下，也就是說90dB /mW 600ohm的耳機在此時最大不失真僅92.6dB，這個音壓很難滿足音響迷的要求。

不幸的是阻抗與效率的組合並沒有一個規則可尋，而這些組合所產生的複雜因素全部都必須由擴大機來承擔，截至目前為止除了某些少數的耳機生產商有針對該公司特定對像耳機而生產的專用耳擴外，幾乎所有的耳擴都會在放大器的輸出端串上一顆電阻，用以調諧各種不同耳機的阻抗效率差異。這不失為一個聰明的做法但非常的不理想，概因這個電阻會大大的降低耳擴的阻尼因數，一般的做法是在輸出端串上一顆約100ohm的電阻，當耳機是32ohm這顆電阻會分得約3/4的電壓，僅1/4給耳機(好在一般32ohm的耳機所需電壓不高)，換言之如果是600ohm則這顆電阻僅得1/7的電壓而6/7的電壓將會落在耳機上。這個做法會使高阻抗與低阻抗的耳機，差異不再那麼大，然而缺點是犧牲了阻尼因數。

如果耳機的阻抗是一個恆定值，例如300ohm不隨頻率變化而改變則阻尼因數的高低便不是重點，可惜的是沒有一個揚聲器、耳機其阻抗是恆定值，下圖為例：分別是65ohm及300ohm的阻抗曲線圖。從座標中可清楚觀查到65ohm的耳機在80hz時其最高阻抗為120ohm，而300ohm的耳機則在84hz時阻抗更高達554ohm，看到這實測的結果，聰明的朋交應該馬上會有一些聯想，沒錯這就是一般耳擴驅動不良時使耳機聽起來低頻鬆散軟糊的原因。

**對策：**

### **(一)、低輸出阻抗:**

這是理想放大器的共通要求，在Amtech 的Headphone Amplifier裏，我們依然將輸出阻抗做得很低，僅有0.3ohm，相較一般耳擴的數十甚至一二百Ω，0.3ohm的輸出阻抗將可達到數百甚至2000的阻尼因數，如此便能將所有的訊號能量轉移在耳機上，使耳機得到極為完整的音樂訊號。先前提到，耳機的阻抗非恆定值，降低輸出阻抗也意味著耳擴將把所有的訊號能率完全轉移到耳機的音圈並傳達到振膜上，當音圈運動時將產生空氣壓力，同時在振膜上便會有相同G值的反作用力與總合應力，這使音圈阻抗產生漂移，降低放大器的輸出阻抗使放大器的輸出端產生優勢的壓力節點，再透過導線使音圈得到完全的控制，因此透過低輸出阻抗的耳擴來驅動耳機其低頻將不再是糊糊的一片。

### **(二)、增益連續可調:**

雖然低輸出阻抗能將耳機驅動得很理想，但是會衍生出一個嚴重的問題，那就是不同阻抗與效率的耳機在相同的電壓強度之下其音感度差異極大，例如將耳擴的音量旋鈕轉在10點鐘方向，低阻抗高效率的耳機將會很大聲，但高阻抗低效率的耳機將會非常小聲，有關這相關的技術在先前我們已經提到，大家也已然瞭解。解決之道便是將增益改為連續可調，在Amtech的耳擴中其增益最小是2倍也就是6 dB最大為20倍也就是26dB，因此只要應耳機而適時調整增益便能克服此問題。

### **(三)、靜態電流可調:**

這是Amtech的一項創舉並落實在這款產品，大家都在說純A類，在眾多耳擴文宣中他們都號稱是純A類放大，但不僅要懷疑這到底是真是假，純A類的低失真大家都知道但要如何才是純A類可能就鮮少人知。耳機的阻抗先前提到從30ohm到600ohm都有。以純A類的定義而言其靜態電流的差異將高達20倍。以正負12V供電來計算30ohm的最大電流為400mA因先其靜態電流應為200mA而600ohm的最大電流為20mA因此其靜態應為10mA這20倍的差異除非將耳擴設計成如A-25一般的隨藕式，否則單一靜態電流是無法應付眾多耳機阻抗而一直處於純A類狀態(除專用耳擴外)。有鑑於此Amtech耳擴設計了可調式靜態電流。為了方便使用者操作我們將靜態電流設計成4段可調，分別為32ohm、64ohm、128ohm、及256ohm、而靜態

電流依序為187.5mA、93.7 mA、46.8 mA、及23.4 mA。雖然無法完全對應所有的耳機但已可找到相近值。如耳機為75ohm則應選擇於64ohm檔位，又如300ohm的耳機則應選在256ohm的檔位。

#### (四)、低失真要求：

低失真似乎是音響工業必備的。但什麼樣的態度方能成就真正的低失真？在線路的部分恐怕非三言二語可以講完，在以往我們的相關文章中已提過很多，在此姑且跳過。

就態度而言，從選用電阻便可一窺廠商的認知與態度，電阻是線路中不可或缺的元件但卻很不起眼，很少人會去努力認知與講究。一般而言反正用精密電阻就對了，由於不了解為何要精密而往往失之交臂。例如輸出級有二顆阻值很小的功率電阻，假設0.5ohm5W，負載300ohm，電晶體工作在AB類則奇數諧波失真約為 $1/2 \sqrt{RE/RL} \sqrt{1/3} = 0.329\%$  再者RE1與RE2並不會完全相等導致因失配而產生的失真約為 $RE/RL \sqrt{mismatch} \sqrt{1/2}$ 若mismatch=0.5% 則計算值為0.416% 如此將招致更嚴重的失真。反之如果這兩個電阻能精配至0.01% 則其失真將大幅降低為0.0083%，因此可知用對地方很重要，很不幸的是我們很難發現一般廠家在這些地方所下的苦心。

還有潛佈電容，這種藏在pcb線路中看不到的電容，當兩條走線很近時便會產生寄生電容。這些電容約在數pF到數拾pF。可別小看它，當這種電容出現在高增益的線路中很可能造成優勢極點(pole)進而使放大器變成有條件的穩定。

其實上述二例都是小地方，但卻在在決定著一部機器的良莠，以Amtech的耳擴而言，RE1和RE2都是精配過的其相對誤差都小於0.01%，至於PCB layout我們要求是5pF以下而實測卻都在3pF以下。

我們一貫的觀念是不去做出美美的失真，更不會去做所謂的調聲動作，因為對的事是經過一連串的計算與實驗所得。而利用調聲所得的好聲也不能說不對，只是這種作法往往是在瞎子摸象難有定論。

#### Amtech的耳擴還有一些特點

### **(一)、強悍的電流輸出:**

Amtech的耳擴其實測得的最大功率在8ohm狀態下有9W的輸出功率，在32ohm狀態下有2.25W的輸出功率，而最大輸出電流達到1A，以耳機所需要的驅動電流數十mA到數百mA這無疑給了最高保證。

### **(二)、分離式電源:**

為了使放大器得到更純淨及更安定的工作環境，Amtech的耳擴將電源分離開來，在電源Box內有一個52VA的環型變壓器以及一組共13200uf的濾波電容，還有一組足以輸出1.5A的穩壓線路。藉以提供給放大器(耳擴)綿延不絕並且乾淨.穩定的能量。

### **(三)、可當前級使用:**

其實Amtech的耳擴不只可當耳擴可也當做一台前級使用。由於失真非常低僅有0.00146%，加上超低輸出阻抗頻寬達到330k以上。因此當前級使用依然擁有極為優秀的特性。