

## 聽不聽，由你決定：降噪技術背後的奧秘

1978 年，美國政府向某家音訊公司提出一項特殊要求：希望研發獨特的音訊科技，讓背景即使是震耳欲聾的噴射機與火箭引擎聲時，飛行員及 NASA 太空人依舊可清楚地與彼此以及地面團隊溝通。這項獨特的技術後來更成功應用至航空以外的環境（如：1986 年推出軍用耳機），並遍及主流與大眾用途。

現今，此項科技被稱為降噪技術，廣泛運用於頭戴式耳機和耳道式耳機領域，協助使用者將噪音隔絕在外，全神貫注地欣賞音樂、podcast 和其他音訊上。

### 將聲波發揮到極致



只要戴上耳機，就能將一定程度的外部噪音隔絕於外；但除非將耳朵完全遮住，否則無法隔絕噪音，並干擾收聽體驗。要瞭解降噪技術的關鍵－擷取和過濾噪音的過程，必須先理解音波的運作及傳遞至耳中的方式。

聲波藉由震動產生，透過周遭介質傳播至耳中。最常見的例子便是空氣，我們能在咖啡廳中輕鬆聽到彼此對話，卻無法聽到太空中的聲音，即是取決於是否有空氣作為介質。

消除噪音的方式，便是利用聲波與介質的獨特性來運作，第一種方式稱為主動式降噪（Active Noise Canceling, ANC），創造有如噪音般的聲波，抵銷外界噪音，避免其進入耳朵。第二種方

式則為被動式降噪 ( PNC, Passive Noise Canceling )，透過限制傳遞聲音的介質，來防止噪音入耳。

主動式降噪：以聲波抵銷聲波



有人說，最有效的鑽石切割工具，就是用另一顆鑽石來切割。同樣道理，聲波也可藉由其他聲波加以抵銷、消除。猶如我們平時所看到的海浪，聲波有波峰（最高點）與波谷（最低點）。波峰到波谷距離相同的聲波，由不同方向而來，相互碰撞時波峰波谷會發生牴觸，進而使聲波趨近零值。

主動式降噪運用破壞性干擾原理消除噪音，透過內嵌於耳機的麥克風收集外部音源，利用內部迴路分析聲音，複製並產生與噪音相仿卻往反向移動的聲波，藉此阻絕噪音流入雙耳。

主動式降噪是根據外部噪音進行分析並做出回應，其過程是固定且持續的。若耳機擷取到與過往相似且分析過的噪音，則可於正確的時間發射反向波長，消除多餘的噪音。這正是噪音阻絕技術如此有效的原因，即便在背景持續有噪音的狀態也不例外，如飛機或嘈雜的地鐵。然而，當外部噪音出現的時候是隨機且難以預測時，例如：聊天對話、或無預警的噪音，主動式降噪的效果則會有所限制。

主動式降噪對低音的消除較高音有效。因系統需要時間分析外部噪音，此時間延遲將影響外部聲音抵銷的效果及使用者聽見的噪音量，故主動式降噪並非能隔絕所有外界噪音。「就低音而言，因波長相對較長，波峰與波谷的距離也較寬（時間差更長），即使抵銷的時間點有些微延

遲，也不會影響主動式降噪的品質」，Kim 補充道。「而高音則因波長較短，波峰與波谷間的距離也較小，因此即使是微小的延遲也可能導致無法正確合成波形，表現也將隨之降低。」

## 被動式降噪：中斷音軌



多數人聽見不喜歡的聲音時會下意識遮住雙耳，這是阻絕噪音最簡單的方式。聲波是透過空氣傳遞到耳中的，若遇到障礙物，聲音便無法順利進入雙耳。這也是為何難以在水下溝通，因為噪音與雙耳間充斥著大量水分。

而這正是被動式降噪的運作原理，透過物理性阻隔，將雙耳與周遭環境噪音隔絕開來，或使用可吸收聲音的海綿來吸收噪音。以耳罩覆蓋住整個耳朵的耳機，或將耳道完全擋住的耳道式耳機，便是利用被動式降噪技術。

主動式降噪需藉由麥克風與分析迴路將噪音隔絕，被動式降噪則反其道而行，在製作上也較為簡單且經濟實惠。此外，被動式降噪耳機能與耳型完美貼合，幾乎可將外界噪音完全隔絕，較主動式降噪耳機來得更有效。然而，被動式降噪耳機需直接塞入耳道中，部分使用者認為這類型的耳機佩戴起來舒適度較低。

## 安全為降噪技術的首要考量

最後，除了降噪技術的運用將影響消除噪音的效果，耳機的形狀也相當重要。多數降噪式耳機採用入耳式設計，相較於耳塞式耳機更能服貼雙耳，不會在耳朵周圍留下多餘的空間，降噪效果也較好，因此開放式耳機鮮少搭載降噪技術。然而，三星於近期推出的 Galaxy Buds Live，





即是將主動式降噪技術注入無線耳塞式耳機之中，提供用戶更多不同的選擇。



雖然降噪技術有助於使用者完全沉浸在音樂或有聲書的世界中，但若聽不見外界聲響，也可能帶來危險。「佩戴搭載降噪技術的耳機時，其周遭聲音將完全被阻隔，導致使用者很難辨別危險情況」，Kim 博士說明。耳機內的音量可能達到 70 至 80 dBspl<sup>(註一)</sup>，與汽車喇叭聲一樣，但耳機的聲音距離更近且更有臨場感，容易導致對外界噪音變得不敏感。更重要的是，使用主動式降噪技術會將外部噪音降低 30 分貝，並將耳機內的聲音保留在 70 至 80 dBspl，用戶更難察覺具有危險性的聽覺跡象。

使用降噪耳機時，使用者應將自身安全視為首要任務，並對耳機的使用環境充分瞭解。若喜歡在室內享受聽覺體驗，搭配有效降噪功能的耳機即是最佳選擇。然而，若偏好在慢跑等戶外活動時使用耳機，則應隨時注意周遭環境，並選擇具備適當降噪功能的耳機，以留心周圍環境的變化。

註一：分貝最初是一種相對的測量單位，代表基準值與對比值之間的差距。在有聲環境中使用時，0 分貝即是人類可聽見的最低音量，並以絕對值表示 ( $\text{dBspl} = \text{dB} + \text{聲壓度 (spl)}$ )。換句話說，分貝是用來表示交談聲與汽車喇叭聲之間的音量差距，以及透過絕對值表達喇叭聲的單位，但後者省略了分貝 (dB) 的聲壓度 (spl)。