

當聲音有了方向

■葉李華

早在物理學家研究聲音之前，甚至早在物理學問世之前，中國古人對「聲學」已有相當的認識，例如戰國時代的《墨經》即記載著如何將「共鳴原理」應用於守城工事。而從「隔牆有耳」這句成語，則可推斷古人也了解聲波必定四處擴散。然而基於種種原因，人類卻又一直渴望駕馭聲波的走向，於是在武俠小說這類

幻想文學中，自然而然就會出現「傳音入密」這樣的玄妙想像。

在現實世界中，想讓聲音具有方向是極困難的一件事。即使是「科學昌明」的二十世紀末，聲學科技仍致力於諸如聲音品

質的改良，至於聲音方向則始終是非主流的題目。如今邁入新世紀，相關的理論與技術逐一成熟，「定向聲波」的研究終於成爲一門顯學，「傳音入密」也總算等到夢想成真的一天。

定向聲波要如何產生呢？簡單來說，雖然「可聞聲波」（人類聽得見的普通聲波）通常具有擴散性，但頻率更高的超聲波（亦稱「超音波」）卻不難形成集中的狹窄波束，兩者的差異可用普通光線與雷射光比擬。沒錯，人類當然聽不見超聲波，好在對於任何聲波而言，空氣都是所謂的「非線性介質」，因此超聲波會在空氣中再產生可聞聲波，而這個可聞聲波就能具有很高的方向性（更詳細的說明請見本文附註）。

倘若追本溯源，定向聲波科技可



超級市場的一對一行銷「今天這個牌子一律八折」

聲學技術／American Technology Corporation



公共場所的一對一廣播「請勿在捷運站嚼口香糖」

聲學技術／American Technology Corporation

追溯到一九六〇年代的聲納研究。當年一批科學家正是利用類似的原理，製造出方向性極佳的海底聲納系統。不過在海水這種介質中，定向聲波的用途想來想去總離不開聲納，如今進入空氣介質，定向聲波卻立刻前途無量。一旦聲音有了方向，不可思議的用途勢必層出不窮，以下所列舉的例子，只是最容易聯想到的幾項應用。

●汽車裡的個人喇叭：例如四人座的私家車，可在車頂裝設四台定向聲波發射器，車內四個人便可一邊（以定向聲波）欣賞各自的音樂，一邊毫無障礙地（以非定向聲波）彼此交談。目前爲止，至少已有Daimler Chrysler這家公司推出這樣的概念車，而量產也是遲早的事。

●虛擬喇叭與環場音效：固定一



定向聲波可在博物館不同角落製造不同情境



定向聲波射到商品上，商品就能發出聲音自我推銷

處的定向聲波發射器，只要瞄準牆上幾個角落，便能讓每一個反射點產生一個「虛擬喇叭」（反射後的聲波沒有方向性，就好像雷射光打到牆壁會形成發散的小光點）。這項功能最適合家庭電影院、小型視聽室等場所，因為只要架設一台發射

口頭解說，絲毫不用擔心互相干擾。參觀者也不再需要耳機，即可隨時隨地聽到口述的導覽。提到耳機，目前需要即時翻譯的場合都少不了這個累贅，相信定向聲波很快也會將它淘汰。

●自我推銷的商品：在百貨公司

器，便能模擬出逼真的環場音效；倘若再加一點機關，環場音效就能變為動態，因為移動反射點可說是輕而易舉。

●公共場所的一對一行銷：利用很簡單的電子裝置，商店櫥窗或廣告看板便可先鎖定附近的行人，再對他發射定向聲波來推銷商品，而不會對他人產生任何噪音。著名的科幻電影〈關鍵報告〉就有類似的情節，不過其中的發射器還配備有眼紋辨識系統，因此叫得出每個人的名字。此外，類似裝置亦可用在超級市場，用來向顧客提供各區商品的資訊。

●展區的情境模擬：在博物館或美術館的各個重要展區，可利用定向聲波製造不同的情境，還能包括展品的

或商展中，只要將定向聲波射到某件商品上，該商品便能「長出」一個虛擬喇叭，開始向圍觀的顧客自我推銷。

●機器與人的私密對話：例如用於提款機、售票機、販賣機的語音說明。

附註：定向聲波的基本原理

1. 根據物理定律，若要發出定向聲波，發射器尺寸必須超過聲波波長許多倍。
2. 普通的喇叭頂多半公尺寬，可聞聲波的波長範圍則是幾公分至十幾公尺，兩者的比例不符合發出定向聲波的條件。
3. 超聲波的波長頂多幾公釐，如果發射器的尺寸超過10公分，兩者的比例便符合發出定向聲波的條件。因此可用這樣大小的發射器，發射出人類聽不見的定向超聲波。
4. 空氣對超聲波而言是非線性介質，這種非線性導致定向超聲波會在空氣中再產生可聞聲波。換句話說，定向超聲波成了可聞聲波的「隱形發射器」。
5. 身為隱形發射器的定向超聲波（波束）大約呈柱狀，這根隱形柱子可長達好幾公尺，足以發射波長並非很長（頻率並非很低）的定向可聞聲波。
6. 結論——定向可聞聲波的發射機制如下：超聲波發射器發出定向超聲波，由於空氣介質的非線性，定向超聲波會再發出定向的可聞聲波。□

深度閱讀資料

ATC公司首頁 <http://www.atcsd.com>

Holosonic實驗室首頁 <http://www.holosonics.com>

葉李華

交通大學建築研究所



定向聲波的基本原理