

【2021 國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：震耳欲聾—免用電聲音集中音響之聲音相關研究

一、摘要：

本研究探討免用電聲音集中音響（以下簡稱為免電集音機）的主體樣式在不同收音位置及擺放角度對聲音集中效果與音階高低的影響。在研究中，我們將免電集音機分成各個部件討論，包含集音機的主體樣式、共鳴箱的內徑、形狀、長度、管壁厚度、填充密度與材質。

研究結果發現，直管的免電集音機能讓聲音集中約 5 分貝，所有主體樣式對音階高低皆沒有影響，共鳴箱以八邊形樣式、內徑 52mm、管壁厚度 1.5cm、長度 24cm、填充密度 33%的分貝數放大最多，在材質方面以矽膠表現最佳，製作較方便，比其他兩種材質的集中效果提升了 1 至 2 分貝，後續將針對讓所有手機皆能使用來作裝置改良。

二、探究題目與動機

在某次的參訪中，有一個小巧且不用電的集音裝置讓我們感興趣，它雖然小，卻有非常好的聲音集中效果，我們測量後發現它聲音大約放大了 8 分貝，這點讓我們想更深入研究這種集音裝置。一般音響大部分需要電，如果附近沒有電源，或者需要長時間的使用，則會造成許多使用上的不方便。因此我們希望可以簡單的方式，做出一個免電集音機，而且聲音能夠明顯集中放大且大小適中。

三、探究目的與假設

- 一、探討免電集音機主體樣式對聲音集中效果的影響。
- 二、探討共鳴箱收音位置及擺放角度對聲音集中效果的影響。
- 三、探討免電集音機主體樣式對音階變化的影響。
- 四、比較共鳴箱的不同部件對聲音集中效果的影響。
- 五、比較共鳴箱的材質對聲音集中效果的影響。

四、探究方法與驗證步驟



圖一、研究架構圖

一、探討免電集音機主體樣式對聲音集中效果變化的影響

在本研究中首先探討集音機的主體樣式，採用的主體樣式為：雙管、直管、箱型、蛋形以及梯形。主體樣式會採用這些形狀是因為在網路上的一些圖片，或是林宣安老師的免電集音機作品，以及一些製作教學的影片、文章大多是這些形狀或是從這些形狀做出一些延伸。

(一) 免電集音機製作

1. 使用材料：3D 列印機、3D 列印線材。

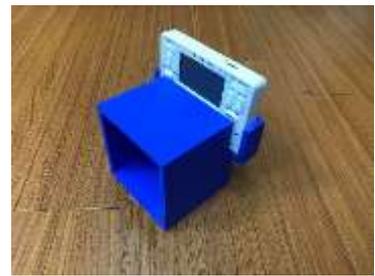
將免電集音機的管壁厚度因為 PVC 水管的管壁大約是 0.4 公分，為了方便計算因此選用 0.5 公分，調音器前的容積為了配合所有主體樣式的計算公式採用 470 ± 5 立方公分，使用 GeoGeBra 計算後用 Tinkercad 製圖，並匯出成 stl 檔，再從 Ultimaker Cura 將填充密度設為 33%，填充樣式設為網格，切片，然後開始列印。



圖二、直管實體示意圖



圖三、箱型實體示意圖



圖四、梯形實體示意圖



圖五、雙管實體示意圖



圖六、蛋型實體示意圖

(二) 聲音大小測量方式：用調音器播放一段分貝相同（每次皆會測量分貝）和頻率 442Hz 的一段聲音，並且在調音器前 20 公分處用分貝計測量，用手機錄影紀錄分貝計數值兩分鐘，並且取平均值，若分貝起伏大於 ± 0.2 分貝，則會重新實驗（這種情況不常出現，通常是在門外有人對話時才會出現），接著再將調音器插入免電集音機中，用相同的方式測量一次。

二、探討共鳴箱收音位置及擺放角度對聲音集中效果的影響

在本研究中，同樣是以調音器當作音源，用分貝計於前方 20 公分處收音，不同的地方是，在免電集音機正前方的左右和垂直的 22.5° 和左右 45° ，測量並記錄。在對齊的過程中，我們先用 GeoGeBra 畫出擁有 0° 、 22.5° 、 45° 的直線，並且在 20 公分處標記，然後列印出來，方便在實驗過程中對齊。

三、探討免電集音機主體樣式對音階變化的影響。

我們在先前的前測實驗發現有無免電集音機都沒有對音階造成影響，因此我們的實驗都會以測量分貝為基準，還是會視實驗性質評估。

在本研究中，我們同樣使用調音器作為音源，播放音高和頻率相同的聲音並使用手機軟體 Tuner T1 在正前方 20 公分處測量，首先測量原音源的音高，接著放進裝置中再度測量音高，比較兩者差異。

四、比較共鳴箱的不同部件對聲音集中效果的影響。

在本研究中，共鳴箱的部件採用共鳴箱形狀、內徑大小、填充密度、管壁厚度以及長度。

(一) 比較共鳴箱形狀對聲音集中效果的影響

共鳴箱形狀選擇 3 到 8 邊形和圓形進行實驗。

(二) 比較共鳴箱內徑大小對聲音集中效果的影響

內徑大小採用的是直徑為 52、72、92 公分，希望能找出共鳴與能量消耗的平衡點，並達到最佳集中效果。

(三) 比較共鳴箱填充密度對聲音集中效果的影響

填充密度決定是 33、67、100%來進行實驗，在先前的實驗當中，我們觀察到，填充密度對於擴音效果有一定的影響程度，像是悶音的部分推測就是因為填充密度因而有此現象，希望能夠由此改善。

(四) 比較共鳴箱長度對聲音集中效果的影響

長度選用 12、18、24、30 公分做實驗，希望能找出共鳴與能量消耗的平衡點，並達到最佳集中效果。

(五) 比較共鳴箱管壁厚度對聲音集中效果的影響

管壁厚度的部份決定採用 5、15、25mm 來進行實驗，觀察管壁厚度對聲音集中是否有影響。

五、比較共鳴箱的材質對聲音集中效果的影響。

在本研究中，我們會使用 3D 列印製作出灌模用的模型，把模型內的樣式設定為直管樣式。所使用的材料為以下幾種：

(一) PVC 水管

(二) 矽膠 SI-012：

(三) 3D 列印所使用的 PLA 線材

五、結論與生活應用

一、討論

(一) 在本研究中，實驗結果顯示管壁為 25mm 的集中效果最佳，但是在管壁厚度的部分是採用管壁 15mm，並不是最佳之放大功效的樣式，因為它在時間以及材料的成本上耗費的過多，卻只比 15mm 的多放大了 0.7 分貝，因此 15mm 是最實惠的選擇。在共鳴箱的長度部分，24cm 有可能不是最好，研究中挑選的是以 6cm 為一組距，最佳的長度可能為 24±5 公分。

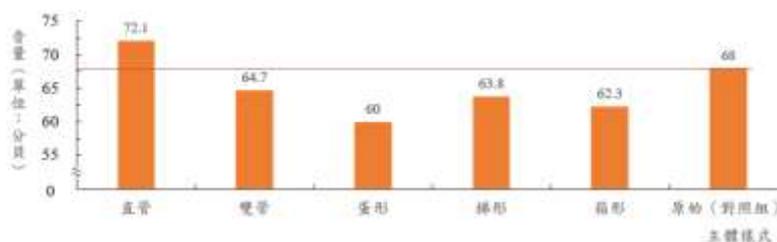
(二) 目前研究中的樣品音源和裝置間有些許空隙，會導致一點點地聲音散失，並導致些許誤差。另外在實驗過程中發現紀錄者的位置，會對實驗造成些許誤差。

二、結論

本研究主要探討各種主體樣式，在不同收音位置及擺放角度，以及共鳴箱形狀、內徑大小、填充密度、管壁長度與管壁厚度對聲音集中效果的影響，研究結果分為以下幾點：

(一)、探討免電集音機主體樣式對聲音集中效果音階變化的影響。

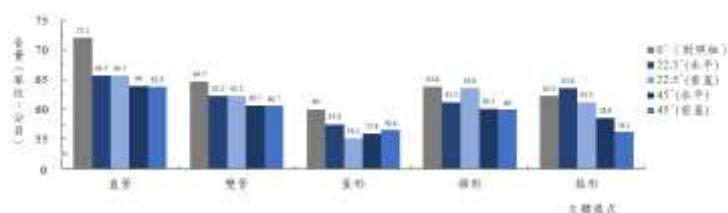
以直管的聲音集中效果最佳，與原始音源（以下皆只調音器所播放的聲音）比較，聲音放大了 4.1 分貝，其餘的主體樣式皆有悶音的效果，沒有將聲音放大，反而縮小了 3 到 8 分貝不等。



圖七、探討集音機主體樣式對聲音集中效果的影響

(二)、探討共鳴箱收音位置及擺放角度對聲音集中效果的影響。

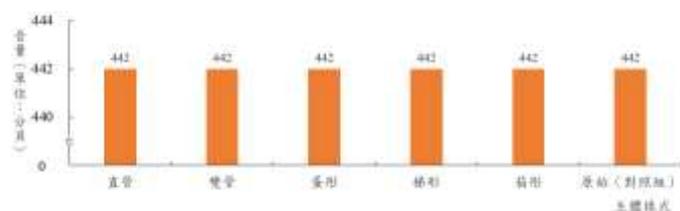
主體樣式為直管、雙管與梯形，都是 0° 最好，次之為 22.5°，最差的是 44.5°。蛋形在垂直測量時，45° 反而比 22.5° 多放大了 1.5 分貝，在水平測量方面，也是 0° 最好，次之為 22.5°，最差的為 45°。箱型的在水平測量時，22.5° 比 0° 多放大了 1.3 分貝，其他的也是 0° 最好，次之為 22.5°，最差的為 45°。



圖八、擺放角度（水平）和收音位置（垂直）對聲音集中效果的影響

(三)、探討免電集音機主體樣式對音階變化的影響。

所有的主體樣式對音階變化皆沒有影響，都是與原本設定的 442 赫茲完全相同。

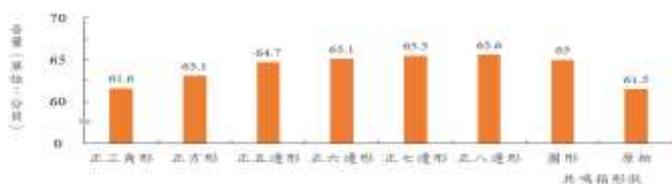


圖九、探討免電集音機主體樣式對音階高低的影響

(四)、比較共鳴箱的不同部件對聲音集中效果的影響。

1. 比較共鳴箱形狀對聲音集中效果的影響。

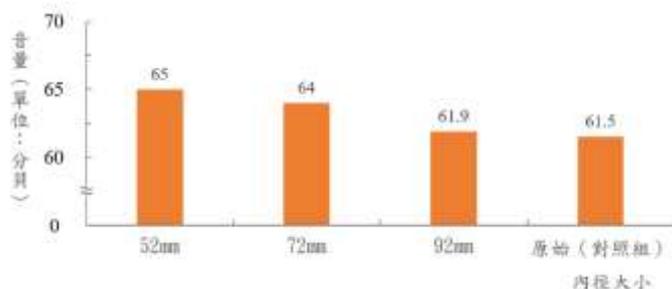
以正八邊形的集中效果最佳，比原始音源所測量到的分貝多了 4.1，其次為正七、六邊形，依序放大了 4.0 與 3.6 分貝，接著是圓形，放大了 3.5 分貝，最後是正五、四和三邊形，依序放大了 3.2、1.6 與 0.1 分貝。



圖十、比較共鳴箱的形狀對聲音集中效果的影響

2.比較共鳴箱內徑大小對聲音集中效果的影響。

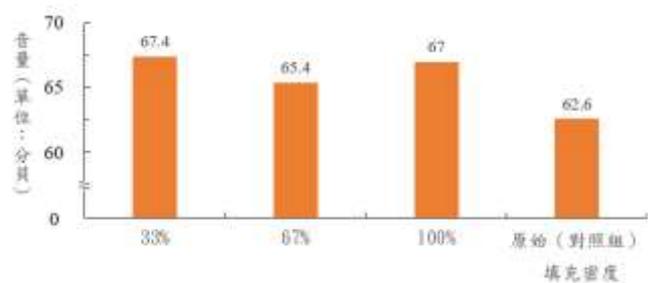
以共鳴箱管徑為 52mm 的最佳，放大了 3.5 分貝，次佳的是 72mm，放大了 2.5 分貝，管徑為 92mm 的最差，只放大了 0.4 分貝。



圖十一、比較共鳴箱的內徑大小對聲音集中效果的影響

3.比較共鳴箱填充密度對聲音集中效果的影響。

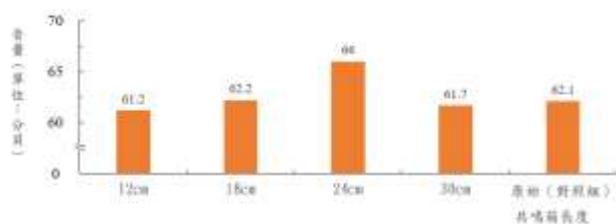
以填充密度為 33% 的最佳，放大了 4.8 分貝，接著是 100% 的，放大了 4.4 分貝，最差的填充密度是 67%，放大了 2.8 分貝。



圖十二、比較共鳴箱的填充密度對聲音集中效果的影響

4.比較共鳴箱長度對聲音集中效果的影響。

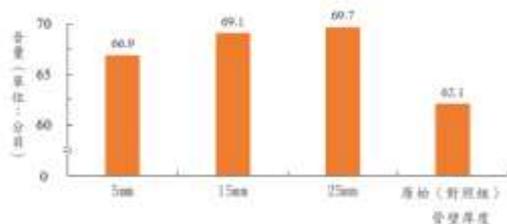
以共鳴箱長度為 24cm 的最佳，放大的 3.9 分貝，對聲音放大幾乎沒有影響的是 18cm 以及 30cm 的，分別放大了 0.1 分貝以及縮小了 0.4 分貝，最差的是 12cm 的，使聲音縮小了 0.9 分貝。



圖十三、比較共鳴箱的長度對聲音集中效果的影響

5.比較共鳴箱管壁厚度對聲音集中效果的影響。

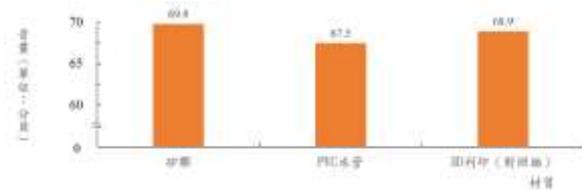
以管壁厚度為 25mm 的效果最佳，放大了 7.6 分貝，次佳的是 15mm，放大了 7.0 分貝，最差的是 5mm 的，放大了 4.8 分貝。但是 25mm 的製作時間以及耗材都比 15mm 的高出許多，是它的 2 倍左右，但是效果只比 15mm 的好 0.6 分貝，因此我們最終使用 1.5mm，放大了 7.0 分貝的樣式。



圖十四、比較共鳴箱的管壁厚度對聲音集中效果的影響

(五) 比較共鳴箱的材質對聲音集中效果的影響。

材質為矽膠時，集中效果最佳，為 69.8 分貝，次佳的為 3D 列印，為 68.9 分貝，最差的是使用 PVC 水管所製作的，為 67.5 分貝。



圖十五、比較共鳴箱的材質

對聲音集中效果的影響

未來我們會將最佳免電集音機做成每款手機皆能使用，並且做成能夠摺疊或是拆解，使它能夠更方便的收納以及攜帶。

參考資料

一、吳昱頡等 (2011)。比比誰最吵！不同音箱的響度差異研究。第 51 屆全國中小學科展作品物理科。

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=9140>

二、林宣安 (2017)。林宣安老師創意教具 DIY 免插電水管擴音機。

<http://l0930984547.blogspot.com/2017/03/blog-post.html>

三、行政院環境保護署 (2013) 主管法規共用系統-法規內容-噪音管制標準。

<https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL015476>

四、黃明堂 (2018)。天然ㄟ尚好！木造手機擴音箱免電池。

<https://features.ltn.com.tw/spring/article/2019/breakingnews/2329061>