

「洞一洞」聲音就變小了 —— 孔穴吸音的探討

高小組物理科第二名

台北縣丹鳳國民小學

作 者：林雯瑤、謝友仁、江勝偉
指導教師：簡樹文、呂香瓊

一、研究動機

有一天我陪妹妹到山葉鋼琴班學琴，我發現每個教琴的房間，不論是周圍的牆壁或天花板都有一個一個的小圓洞，我覺得很奇怪，第二天到校後就請教老師原因，老師說那是為了吸音，因為房間內在使用樂器，若不能有效的吸音，就容易互相干擾到音樂的品質及教學效果可是我心中起了更多的疑問，既然打洞能吸音，那麼打多深的洞？打多少個洞？打多大的洞？……才是最有效果呢？為解心中的疑問，於是和幾個同學在老師的指導下一起做這項研究。

二、研究目的

- (一)了解洞的個數深淺、大小和吸音效果的關係。
- (二)了解洞的傾斜情形、形狀、排列方式，分布範圍和吸音效果的關係。
- (三)了解在已有孔洞中如何增添吸音的效果。

三、研究問題

- (一)圓洞的個數與吸音效果有關係嗎？
- (二)圓洞的深淺與吸音效果有關係嗎？
- (三)圓洞的大小與吸音效果有關係嗎？
- (四)圓洞的傾斜與吸音的效果有關係嗎？
- (五)洞的形狀與吸音效果有關係嗎？
- (六)圓洞的排列方式與吸音效果有關係嗎？
- (七)圓洞的分布情形與吸音效果有關係嗎？
- (八)能在洞中增添填充物使吸音效果更好嗎？

四、實驗器材

分貝器、透明壓克力箱、電鈴、保麗龍板、線香、面紙、棉線、海棉、雪衣纖維絲、棉花。

五、實驗過程與結果

問題：（一）圓洞的個數與吸音效果有關係嗎？

實驗1：我們以三層保麗龍板疊成一面牆，（每層保麗龍厚1公分）共四面牆，做成如方形房間置於壓克力箱的一邊，另一邊則放置分貝器。（以下的實驗都同此裝置）在每面牆分別以間隔距離3公分或2.5公分或2公分或1.5公分或1公分或0.5公分，分別打上一樣深（貫穿一層保麗龍1公分深）和一樣大的洞，在四面牆的中間放置電鈴。通電鈴後以分貝器測其音量，每項各項5次求其平均值。

結果：1. 如表1：洞距不同之吸音測試表。

2. 洞距1.5公分時吸音效果最佳洞距加大或減小，吸音效果變差。

表 1

分貝 組別	次數	一	二	三	四	五	平均
間隔距離3公分		80.8	80.7	80.9	81.0	80.9	80.86
間隔距離2.5公分		79.8	79.7	79.8	79.9	79.7	79.78
間隔距離2公分		79.2	79.1	79.4	79.2	79.5	79.28
間隔距離1.5公分		78.6	78.7	78.5	78.6	78.8	78.64
間隔距離1公分		79.1	78.7	78.6	78.7	78.8	78.78
間隔距離0.5公分		79.0	79.1	79.2	79.1	79.2	79.12
沒有打洞		83.7	83.6	83.7	83.6	83.8	83.68

問題：（二）圓洞的深淺與吸音效果有關係嗎？

實驗2：我們在每面牆以間隔距離1.5公分打圓洞，深度分別是小於1層保麗龍板，（即小於1公分）等於一層保麗龍板，（1公分）大於1層小於2層保麗龍板，（即1公分與2公分之間）等於2層保麗龍（即2公分）。以分貝器測其音量。

結果：1. 如表2：圓洞深度不同測試表。

2. 洞的深度愈深，效果愈好其平均值為77.52分貝，與對照組相差了6.16分貝。

表 2

組別 分貝 次數	一	二	三	四	五	平均
深度小於1層保麗龍	80.1	79.8	79.9	79.8	79.9	79.90
深度等於1層保麗龍	78.7	78.6	78.5	78.8	78.6	78.64
深度介於1層和2層之間	78.3	78.1	78.0	78.2	78.1	78.14
深度等於2層保麗龍	77.6	77.5	77.6	77.5	77.4	77.52
沒有打洞	83.7	83.6	83.7	83.6	83.8	83.68

問題：(三)圓洞的大小與吸音效果有關係嗎？

實驗3：我們以1.5公分為圓洞的間隔距離，以1公分為深度，分別打上直徑6公厘、5公厘、4公厘、3公厘、2公厘的圓洞，以分貝器測其音量。

結果：1. 如表3：不同直徑之吸音洞測試表。

2. 實驗中發現直徑3公厘的洞吸音效果最好，平均值為78.64分貝，與對照組相差5.04分貝。

3. 洞愈大吸音效果越差，洞減小效果也不好。

表 3

組別 分貝 次數	一	二	三	四	五	平均
直徑6公厘	79.3	79.5	79.6	79.5	79.6	79.50
直徑5公厘	78.9	78.8	79.1	78.9	79.1	78.96
直徑4公厘	78.6	78.8	78.7	78.8	78.7	78.74
直徑3公厘	78.6	78.7	78.5	78.6	78.8	78.64
直徑2公厘	78.8	78.9	78.7	78.8	78.9	78.82
沒有打洞	83.7	83.6	83.7	83.6	83.8	83.68

問題：(四)圓洞的傾斜與吸音效果有關係嗎？

實驗4：我們以1.5公分為圓洞的間隔距離，以一層保麗龍為厚度為分別打上垂直，向上傾斜70度，向下傾斜70度，向右傾斜70度的圓洞，分別以分貝器測其音量。

- 結果：1. 如表4：洞的傾斜方向不同之測試表。
2. 實驗中以向上傾斜的效果最好，平均值為78.34分貝而向下傾斜的較差平均79.22分貝，差別為0.88分貝。
 3. 我們發現既然，向上傾斜有較好的吸音效果，那麼傾斜多少角度才是最有效呢？因此我們再下一個實驗。

表 4

組別 分貝 次數	一	二	三	四	五	平均
垂 直	78.6	78.7	78.5	78.6	78.8	78.64
向 上 傾 斜	78.4	78.5	78.3	78.2	78.3	78.34
向 下 傾 斜	79.2	79.1	79.3	79.2	79.3	79.22
向 左 傾 斜	78.8	78.7	78.8	78.6	78.8	78.74
向 右 傾 斜	78.7	78.8	78.7	78.8	78.9	78.78
沒 有 打 洞	83.7	83.6	83.7	83.6	83.8	83.68

實驗5：我們以1.5公分為洞的間隔距離，深度1層保麗龍，直徑3公厘的圓洞分別為垂直，向上傾斜80度、70度、60度、50度、40度，分別以分貝器測其音量。

- 結果：1. 如表5：向上傾斜角度不同之測試表。
2. 實驗中以向上傾斜50度的吸音效果最好，平均77.56分貝。

表 5

組別 分貝 次數	一	二	三	四	五	平均
垂 直	78.6	78.7	78.5	78.6	78.8	78.64
向 上 傾 斜 8 0 度	78.6	78.5	78.6	78.4	78.5	78.52
向 上 傾 斜 7 0 度	78.4	78.5	78.3	78.2	78.3	78.34
向 上 傾 斜 6 0 度	78.2	78.0	78.1	78.2	78.1	78.12
向 上 傾 斜 5 0 度	77.6	77.5	77.6	77.5	77.6	77.56
向 上 傾 斜 4 0 度	78.2	78.3	78.2	78.3	78.2	78.24

問題：(五)洞的形狀與吸音效果有關係嗎？

實驗6：我們以1.5公分為洞的間隔距離，以一層保麗龍為洞的深度，分別打上

面積相等（面積約19.6平方公厘、圓洞直徑5公厘、正方形洞邊長4.5公厘、長方形的洞長3公厘寬6.5公厘，三角形洞底6公厘、高6.5公厘）的圓形洞、正方形洞、長方形洞、三角形洞。以分貝器測其音量。

結果：1. 如表6：不同形狀吸音洞之測試表。

2. 實驗中發現不同形狀的吸音洞效果是長方形>三角形>正方形>圓形。但他們的差異不大。

表 6

分貝 組別	次數	一	二	三	四	五	平均
圓 形 洞	78.9	78.8	79.1	78.9	79.1	78.96	
正 方 形 洞	78.8	78.9	78.8	79.0	79.1	78.92	
長 方 形 洞	78.7	78.8	78.9	78.7	78.8	78.78	
三 角 形 洞	78.8	78.9	78.8	78.7	78.9	78.82	

問題：(六)圓洞的排列方式與吸音效果有關係嗎？

實驗7：我們以大小深度相同的圓形洞，每面牆洞的數目（600個洞），以各種排列方式：，和對照組（每個洞間隔距離相同）比較測其音量。

結果：1. 如表7：不同排列方式吸音洞之測試表。

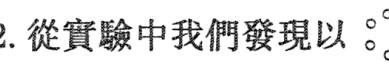
2. 從實驗中我們發現以花形排列的吸音效果最好，平均77.88分貝。

表 7

分貝 組別	次數	一	二	三	四	五	平均
排列方式 	80.8	80.9	80.8	81.0	80.9	80.88	
排列方式 	80.2	80.3	80.4	80.5	80.4	80.36	
排列方式 	78.8	78.9	78.8	78.7	78.9	78.82	
排列方式 	78.1	78.2	78.1	78.3	78.2	78.18	
排列方式 	77.9	77.8	78.0	77.8	77.9	77.88	
間隔距離都1.5公分	78.7	78.6	78.5	78.6	78.8	78.64	

問題：(七)圓洞的分布情形與吸音效果有關係嗎？

實驗8：我們以一層保麗龍為深度，打直徑3公厘的圓洞，每面牆打300個洞，分布的情形為：集中於各牆的上半部，集中於各牆的中間，集中於各牆的下半部及平均分散各處。

結果：1. 如表8：分布情形不同之測試表。

2. 從實驗中我們發現平均分散各處的吸音效果最好集中於上半部的吸音效果較差。

表 8

組別 \ 次數	一	二	三	四	五	平均
洞集中於牆的上半部	82.5	82.6	82.5	82.7	82.6	82.58
集中於牆的中間	82.1	82.3	82.2	82.4	82.3	82.26
集中於牆的下半部	81.6	81.7	81.5	81.6	81.8	81.64
洞平均分散於各處	80.7	80.8	80.9	80.8	80.9	80.82
沒有打洞	83.7	83.6	83.7	83.6	83.8	83.68

問題：(八)能在洞中增添填充物使吸音效果更好嗎？

實驗9：我們以1.5公分為洞的間隔距離，以一層保麗龍為深度，打直徑3公厘向上傾斜50度的圓洞，在洞中分別填入面紙、海棉、棉線、棉花、雪花纖維和沒填充物的對照組比較其效果。

結果：1. 如表9：不同填充物的吸音測試表。

2. 從實驗中我們發現填充雪衣纖維和棉花的吸音效果最好，分別和對照組相差了1.72和1.58分貝。

表 9

組別 \ 次數	一	二	三	四	五	平均
填充面紙	78.2	78.1	78.2	78.3	78.2	78.20
填充海棉	76.5	76.4	76.5	76.6	76.4	76.48
填充棉線	77.4	77.5	77.3	77.5	77.4	77.42
填充棉花	76.1	76.0	75.9	76.0	75.9	75.98
填充雪衣纖維	75.7	75.8	75.9	75.8	76.0	75.84
沒有填充物	77.6	77.5	77.6	77.5	77.6	77.56

六、結論

1. 由實驗1中得知洞的距離1.5公分時吸音效果最好。
2. 洞距增大則一定面積內的洞數會減少吸音效果減低；洞距過小則同面積內洞數太密集吸音效果也不好。
3. 由實驗2得知，洞越深則吸音效果越好。我們感覺聲音進入吸音洞後就像走入死胡同，越深越難反射回來。
4. 由實驗3中我們發現洞的大小要適中約3公厘所測的平均值最好，洞太大或過小效果都不好。
5. 在實驗4中探討洞的傾斜與吸音量的關係，我們得知向上傾斜的洞吸音效果最好。而向下傾斜的最差。
6. 我們發現在實驗中因為電鈴放在音箱的底層發出聲音與向上傾斜的吸音洞在方向上較相對，所以吸音的效果較好，而其中以向上傾斜50度最有效。我們豁然明瞭為什麼台北市建國南路兩旁的隔音牆，他們的洞口也都下傾斜的原因了。
7. 在實驗6中我們以不同形狀而面積相同的吸音洞來測試，結果以長方形的吸音洞效果最好，但現在市面上的吸音板多為圓形洞，可能是圓形洞較易用機器來鑽製。
8. 在實驗7中我們發現吸音洞不同的排列方式對吸音效果也有差異，其中以花形排列  方式吸音效果最好。但是目前市面上很少有這樣既美觀又有效的吸音板。
9. 在實驗8中我們得知吸音洞應平均分散於牆的各處不能只集中於某一部分，否則吸音效果會不好。
10. 在實驗9中我們以在其他實驗中表現最佳的形式（即向上傾斜50度）為對照組，並在其他相同的吸音洞中填上不同的填充物加以測試結果發現填充雪衣纖維和棉花的效果最好。
11. 我們不禁想到若能用保特瓶回收後抽取之纖維（即雪衣之纖維）來做成填充物，不但能做到環保，節省資源的精神更能增進吸音的效果。

七、結論與感想

1. 吸音孔要發揮最大的效用須注意大小適中、深度要足夠，若發音源的位置固定，那麼吸音孔要調整角度對準發音的位置。
2. 在密閉的房間中吸音孔應平均分布在各面牆上才有較好的效果。

3. 市場上現有的吸音板的吸音孔在形狀及排列上不一定能發揮最好的效用值得再研究開發。
4. 質軟蓬鬆的東西有很好的吸音效果，但它們不容易成形，也不好固定，但若能拿來填充吸音洞，就能互相配合發揮功能；本研究也算是為保特瓶找到另一條利用的途徑。

八、參考資料

1. 科學圖書館——聲光篇106—117頁 國立編譯館
2. 聲音的奧秘第16—19頁 夏元瑜著
3. 自然科學圖說第五冊 楊世平著

評語

本件作品在板材上穿設不等深淺，不同孔徑，不等數目之洞孔，以及不一樣的排列形狀探討它們對音量的吸收效果。有相當詳細與豐富的實驗數據。對變因的掌握正確、討論內容相當充實。為一相當完整的實驗。