

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 土木科

091201

國立員林高級農工職業學校

指導老師姓名

洪國泰

印瓊珠

作者姓名

林詩敏

賴思吟

張碧雯

陳惠珠

# 吸音大法



第四十四屆中小學科學展覽會

科別： 土木

組別： 高職

關鍵詞： 吸音、環保素材、音箱

# 目 錄

|           |         |
|-----------|---------|
| 壹、摘要      | .....1  |
| 貳、研究動機    | .....2  |
| 參、研究目的    | .....3  |
| 肆、研究設備及器材 | .....4  |
| 伍、研究過程或方法 | .....7  |
| 陸、研究結果    | .....10 |
| 柒、討論      | .....27 |
| 捌、結論      | .....28 |
| 玖、參考資料    | .....29 |

## 表 目 錄

|     |                               |    |
|-----|-------------------------------|----|
| 表 1 | 採買與價格 .....                   | 6  |
| 表 2 | 養樂多罐之不同排列方式與編號表 .....         | 9  |
| 表 3 | 牛奶罐之不同排列方式與編號表 .....          | 9  |
| 表 4 | 不同排列方式與間距之養樂多罐在木箱中之實驗數據 ..... | 11 |
| 表 5 | 不同排列方式與間距之養樂多罐在紙箱中之實驗數據 ..... | 12 |
| 表 6 | 不同排列方式與間距之牛奶罐在木箱中之實驗數據 .....  | 13 |
| 表 7 | 不同排列方式與間距之牛奶罐在紙箱中之實驗數據 .....  | 14 |
| 表 8 | 不同排列組合之養樂多罐在木箱與紙箱中之實驗數據 ..... | 15 |
| 表 9 | 不同排列組合之牛奶罐在木箱與紙箱中之實驗數據 .....  | 15 |

## 圖 目 錄

|      |                                 |    |
|------|---------------------------------|----|
| 圖 1  | 教室左側磁磚牆面                        | 2  |
| 圖 2  | 磁磚牆面與教室間的關聯                     | 2  |
| 圖 3  | 各種不同之素材                         | 3  |
| 圖 4  | 不同排列組合之養樂多罐與牛奶罐                 | 3  |
| 圖 5  | 實驗用音箱之種類及尺寸大小                   | 4  |
| 圖 6  | 木製擋板                            | 4  |
| 圖 7  | 噪音計                             | 5  |
| 圖 8  | 定頻器                             | 5  |
| 圖 9  | 聲音遇障礙物時的傳播行為                    | 8  |
| 圖 10 | 教室與磁磚牆面的關聯圖                     | 8  |
| 圖 11 | 實驗構置圖(現況環境縮小)                   | 8  |
| 圖 12 | 第一階段各實驗素材在木箱中的平均最大噪音值           | 10 |
| 圖 13 | 第一階段各實驗素材在紙箱中的平均最大噪音值           | 10 |
| 圖 14 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中橫側貼口朝右之平均最大噪音值 | 16 |
| 圖 15 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中橫側貼口朝左之平均最大噪音值 | 16 |
| 圖 16 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中縱側貼口朝上之平均最大噪音值 | 17 |
| 圖 17 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中縱側貼口朝下之平均最大噪音值 | 17 |
| 圖 18 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中斜側貼口朝上之平均最大噪音值 | 18 |
| 圖 19 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中斜側貼口朝下之平均最大噪音值 | 18 |
| 圖 20 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中正立貼之平均最大噪音值    | 19 |
| 圖 21 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中倒立貼之平均最大噪音值    | 19 |
| 圖 22 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中橫側貼口朝右之平均最大噪音值 | 20 |
| 圖 23 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中橫側貼口朝左之平均最大噪音值 | 20 |
| 圖 24 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中縱側貼口朝上之平均最大噪音值 | 21 |
| 圖 25 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中縱側貼口朝下之平均最大噪音值 | 21 |
| 圖 26 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中斜側貼口朝上之平均最大噪音值 | 22 |
| 圖 27 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中斜側貼口朝下之平均最大噪音值 | 22 |
| 圖 28 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中正立貼之平均最大噪音值    | 23 |

|      |                               |         |
|------|-------------------------------|---------|
| 圖 29 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中倒立貼之平均最大噪音值  | .....23 |
| 圖 30 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中不規則貼之平均最大噪音值 | .....24 |
| 圖 31 | 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中不規則貼之平均最大噪音值 | .....24 |
| 圖 32 | 各排列組合之養樂多罐在木箱中之平均最大噪音值        | .....25 |
| 圖 33 | 各排列組合之牛奶罐在木箱中之平均最大噪音值         | .....25 |
| 圖 34 | 各排列組合之養樂多罐在紙箱中之平均最大噪音值        | .....26 |
| 圖 35 | 各排列組合之牛奶罐在紙箱中之平均最大噪音值         | .....26 |

## 壹、摘要

吸音大法這個實驗主要是為了改善，兩班之間上課聲音相互干擾的情況。



整個實驗可分為兩個階段：

第一階段（校內參賽）：

我們選用各種不同之素材來做研究，但大都以教室佈置所常用的材料為主，再以木箱與紙箱兩種音箱來做比較，得到的結論為：

- 1、質地柔軟者，吸音效果較佳。
- 2、質地疏鬆者，亦即多孔性材質吸音效果較好。
- 3、較粗糙、較不平的表面材料，其吸音效果較優。
- 4、在木箱及紙箱中，紙杯的不同排列組合之平均吸音率相差不大，由此結果推論出紙杯的不同排列組合對吸音之效果可能較無直接之關聯。
- 5、環保回收物中，以塑膠製且表面較不平整的材質，較適合拿來做吸音材料。

第二階段（中區複賽）：

我們選用了第一階段的養樂多罐和牛奶罐，並加以編排了許多不同排列組合及不同間距的牛奶罐和養樂多罐來做實驗，而在第二次的實驗裡，所得到的實驗結果如下：

- 1、在校方經費不足的考量下，利用平日飲用完畢待回收的物品，來間接增進學習效果，應值得嘗試。
- 2、為達減少教室間相互干擾之目的，在考量中之環保素材的選用，以牛奶罐為較佳之選擇。
- 3、排列方式以開口面向音源，略為疏鬆的排列方法比較恰當。

## 貳、研究動機

在科館教室上課時，常常因為隔壁班老師講課聲音的干擾，使得我們在聽課時，便無法專心且聽清楚任課老師的講解而致學習效果不彰，尤其是後排或前排的同學最為嚴重。

為了想改善這種情況，我們經初步的研判及現地實際觀察探討後，認為會造成這樣的狀況，可能與科館之設計有關。因為在教室的左側有一面以磁磚鋪設的牆(參見圖 1)，老師講解課程時的聲音，可能因為這一面牆的關係，而造成聲音的反射與折射作用(參見圖 2)，使得聲音在傳遞上產生了互相干擾的現象，所以造成我們在上課時，會因為兩班的交互影響，無法專心聽課，而減低了學習效果，因此，引發我們研究改善這項問題的動機。



圖 1 教室左側磁磚牆面



圖 2 磁磚牆面與教室間的關聯

另一方面，學校一直都在推動環保回收的活動，於是讓我們產生聯想，能否使用這些環保回收物，當成我們改善聲音互相干擾的實驗素材，此構想除了能有效地利用這些環保回收物，賦予新的面貌及功能外，也讓我們能以花費最少的成本，達到改善科館教室聲音互相干擾的情況。

當獲知有幸能代表學校參加中區複賽之時，加深了我們欲進一步研究的想法，我們針對第一階段中表現較佳的環保素材，於排列組合及間距位置上做更進一步的研究，期望能得到最有效的改善方法來解決現有問題，並使之成為本科之特色。



## 參、研究目的

### 一、第一階段：

- (一) 瞭解聲音傳遞及吸音的基本原理。
- (二) 瞭解不同環保回收物的吸音性質。
- (三) 嘗試環保回收物不同的排列組合及厚薄對吸音的影響。
- (四) 如何運用環保回收物，做出效果較佳的吸音牆。



圖 3 各種不同之素材

### 二、第二階段：

- (一) 瞭解不同素材在不同環境下之吸音表現。
- (二) 瞭解素材之不同排列方法的吸音效果。
- (三) 瞭解不同素材之間距對吸音能力之影響。



圖 4 不同排列組合之養樂多罐與牛奶罐

## 肆、研究設備及器材

### 一、 研究設備：

(一) 音箱：木箱、紙箱，其內容容量大小為  $50 \times 45.5 \times 51.5 \text{cm}^3$  (參見圖 5)。



a 木箱



b 紙箱

c 音箱視圖

圖 5 實驗用音箱之種類及尺寸大小

(二) 可測試素材：保特瓶、軟木、布、瓦楞紙、木格、磁磚、棉花(平面)、棉花(凹凸面)、保麗龍(厚 5 cm)、保麗龍(厚 1 cm)、紙雕(雲彩紙)、紙雕(壁報紙)、紙杯(側貼)、紙杯(底部開洞)、鐵罐、鋁罐、養樂多罐、牛奶罐、筷子、衛生紙、報紙、塑膠、塑膠袋、粘土、餐盤 等。

(三) 木製擋板(參見圖 6)。

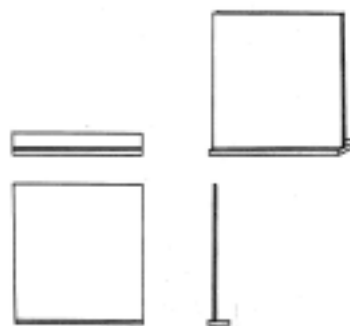


圖 6 木製擋板

擋板尺寸 上版 寬  $\times$  高  $\times$  厚 = (44.9cm  $\times$  48cm  $\times$  0.5cm)

底板 長  $\times$  寬  $\times$  高 = (44.9cm  $\times$  7.5cm  $\times$  1.6cm)

(四) 設置過程需使用到及採買的工具：厚紙板、棉花、雲彩紙、保麗龍、壁報紙、樹脂，其數量及價格(如表 1)。

## 二、測試所需器材：

### (一) 第一階段：

- 1、音響一台。
- 2、音樂 ( C D 光碟一片 )。
- 3、SI - 4013 數位噪音計 ( 參見圖 7 )。

### (二) 第二階段：

- 1、沿用第一階段之數位噪音計及音箱。
- 2、定頻器一台(參見圖 8)。



圖 7 噪音計



圖 8 定頻器

表 1 採買與價格

| 材料      | 數量 | 單位             | 單價(元) | 總額(元) | 使用與選擇 |
|---------|----|----------------|-------|-------|-------|
| 1、瓦楞紙   | 1  | m <sup>2</sup> | 資源回收  | 0     |       |
| 2、棉花    | 2  | 盒(大)           | 55    | 110   | √     |
| 3、布     | 1  | 條              | 舊衣回收  | 0     |       |
| 4、壁報紙   | 2  | 張(全開)          | 8     | 16    | √     |
| 5、軟木    | 1  | 張(全開)          | 80    | 80    |       |
| 6、樹脂    | 2  | 包              | 48    | 96    | √     |
| 7、餐盤    | 10 | 盤              | 回收利用  | 0     |       |
| 8、磁磚    | 1  | 箱(約)           | 工程剩餘  | 0     | √     |
| 9、粘土    | 1  | 包              | 10    | 10    |       |
| 10、雲彩紙  | 2  | 張(全開)          | 22    | 44    | √     |
| 11、衛生紙  | 1  | 包(花紋)          | 29    | 29    |       |
| 12、牛奶罐  | 10 | 罐              | 資源回收  | 0     | √     |
| 13、報紙   | 1  | 份              | 資源回收  | 0     |       |
| 14、鋁罐   | 10 | 罐              | 資源回收  | 0     | √     |
| 15、鐵罐   | 10 | 罐              | 資源回收  | 0     | √     |
| 16、竹筷子  | 2  | 包(約)           | 回收利用  | 0     | √     |
| 17、保麗龍  | 2  | 塊              | 60    | 120   | √     |
| 18、紙杯   | 1  | 條(約)           | 回收利用  | 0     | √     |
| 19、厚紙板  | 10 | 張(全開)          | 16    | 160   | √     |
| 20、鋼尺   | 1  | 只(100cm)       | 192   | 192   | √     |
| 21、養樂多罐 | 50 | 瓶              | 回收利用  | 0     | √     |

採買總額 = 738 元

## 伍、研究過程或方法

### 一、第一階段：

- (一) 製作二個材質不同但容量 (  $50 \times 45.5 \times 51.5\text{cm}^3$  ) 一樣的箱子，來做實驗音箱。(參見圖 5)
- (二) 找出數種不同且具環保功能之材質來做實驗。
- (三) 將每種材質貼於厚紙板上。
- (四) 板之背面黏上魔鬼粘，製作成可拆卸之試驗板。
- (五) 分別放入木箱、紙箱二種不同材質的箱子做測試，而素材僅放置一面即可。
- (六) 選擇素材(參見圖 3)貼入箱內。
- (七) 將集音器 ( 麥克風 ) 黏貼於固定之位置。
- (八) 將顯示計置於擋板外，可觀測其值之位置。
- (九) 放入分隔板以加強集音效果，減少箱內之餘音干擾。
- (十) 將音源放置於離音箱 60cm 距離之位置。
- (十一) 而音樂聲則採同樣長度之聲音測之。
- (十二) 在實驗前，將集音器放置音箱外，測其實驗環境的背景噪音並做記錄。
- (十三) 再選取不同之素材，分別置入音箱內，並記錄實驗結果。
- (十四) 更換實驗音箱重覆 6~13 之步驟。
- (十五) 整理實驗數據，繪製成圖表。

### 二、第二階段：

- (一) 利用本校國際會議廳較不受外界干擾之處來進行實驗。
- (二) 沿用第一階段之實驗音箱。
- (三) 經由第一階段之實驗結果，得知環保素材中以養樂多罐與牛奶罐之吸音效果較好，特針對此二者進行進一步之實驗。
- (四) 將每種不同排列的養樂多罐與牛奶罐(排列方式參見表 2 及表 3)貼於厚紙板上。
- (五) 板之背面黏上魔鬼粘，製作成可拆卸之試驗板。
- (六) 分別放入木箱、紙箱二種不同材質的箱子做測試，而素材僅放置一面即可。
- (七) 選擇素材貼入箱內。
- (八) 將集音器 ( 麥克風 ) 黏貼於擋板正中央之位置。
- (九) 將顯示計置於擋板外，可觀測其值之位置。
- (十) 將擋板放在箱子最外圍，以加強集音效果，減少箱內之餘音干擾。

- (十一) 將定頻器(音源)定於音高 440HZ、音速 220 ti me s/ n之同樣大小的聲音特質，且放置於離音箱 30cm 距離之位置。
- (十二) 再選取不同排列之素材，分別置入音箱內。
- (十三) 同時按定頻器與計時器，隔 3 秒後再按數位噪音計，並記錄實驗結果，以取得穩定之數據。
- (十四) 更換實驗音箱重覆 7~13 之步驟。
- (十五) 整理實驗數據，繪製成圖表。

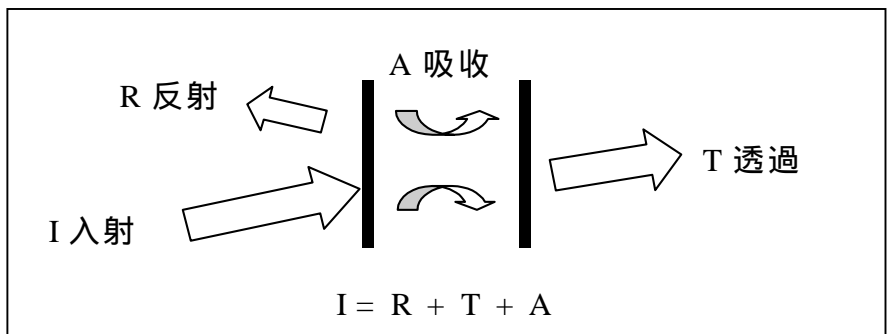


圖 9 聲音遇障礙物時的傳播行為

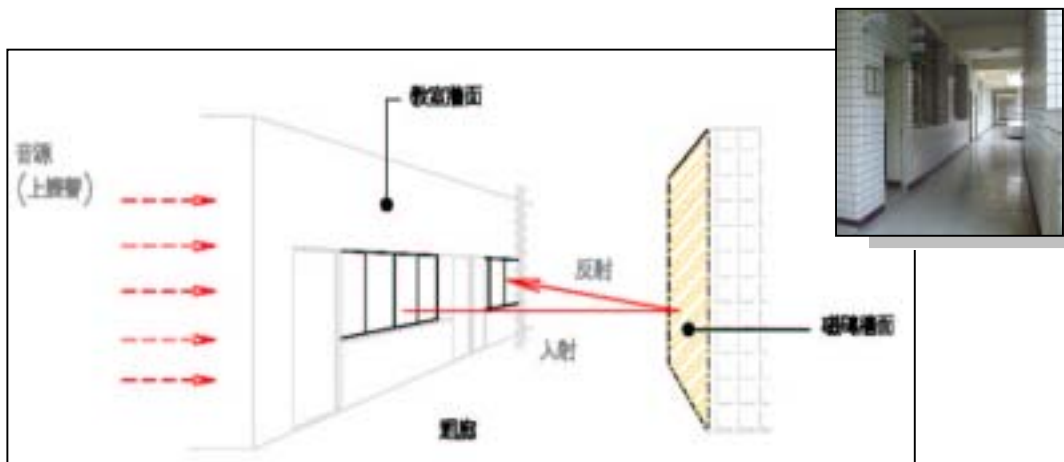


圖 10 教室與磁磚牆面的關聯圖

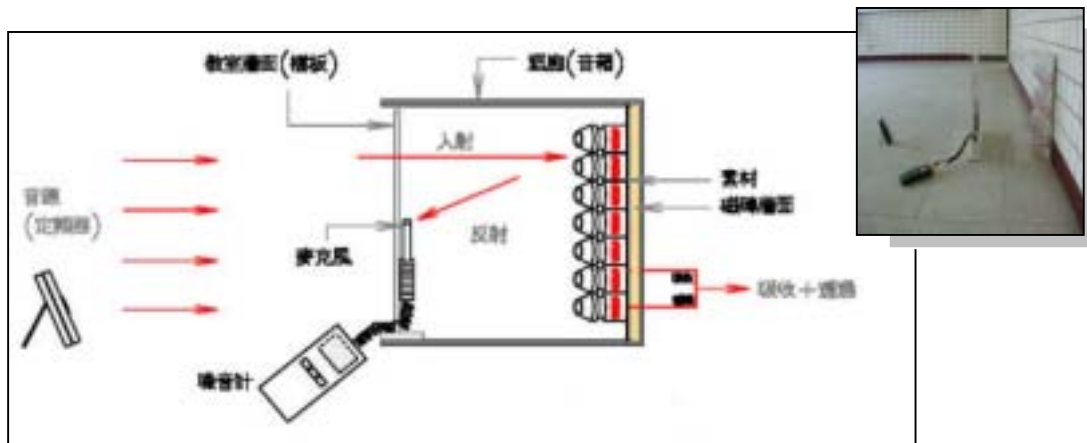


圖 11 實驗構置圖(現況環境縮小)

表 2 養樂多罐之不同排列方式與編號表

| 養樂多罐(養) | 縱側貼(V)     |              |            | 橫側貼(A)     |              |            | 斜側貼(T)     |              |            | 正立貼(U)     |              |            | 倒立貼(H)     |              |            | 不規則貼(I)  |          |
|---------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|----------|----------|
|         | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 疏<br>(S) | 密<br>(C) |
| 缺口朝上(A) | 養 VA0      | 養 VA2        | 養 VA5      |            |              |            | 養 TA0      | 養 TA2        | 養 TA5      |            |              |            |            |              |            |          |          |
| 缺口朝下(D) | 養 VD0      | 養 VD2        | 養 VD5      |            |              |            | 養 TD0      | 養 TD2        | 養 TD5      |            |              |            |            |              |            |          |          |
| 缺口朝左(L) |            |              |            | 養 AL0      | 養 AL2        | 養 AL5      |            |              |            |            |              |            |            |              |            |          |          |
| 缺口朝右(R) |            |              |            | 養 AR0      | 養 AR2        | 養 AR5      |            |              |            |            |              |            |            |              |            |          |          |
|         |            |              |            |            |              |            |            |              |            | 養 U0       | 養 U2         | 養 U5       | 養 H0       | 養 H2         | 養 H5       | 養 IS     | 養 IC     |

表 3 牛奶罐之不同排列方式與編號表

| 牛奶罐(牛)  | 縱側貼(V)     |              |            | 橫側貼(A)     |              |            | 斜側貼(T)     |              |            | 正立貼(U)     |              |            | 倒立貼(H)     |              |            | 不規則貼(I) |
|---------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|---------|
|         | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) | 0cm<br>(0) | 2~3cm<br>(2) | 5cm<br>(5) |         |
| 缺口朝上(A) | 牛 VA0      | 牛 VA2        | 牛 VA5      |            |              |            | 牛 TA0      | 牛 TA2        | 牛 TA5      |            |              |            |            |              |            |         |
| 缺口朝下(D) | 牛 VD0      | 牛 VD2        | 牛 VD5      |            |              |            | 牛 TD0      | 牛 TD2        | 牛 TD5      |            |              |            |            |              |            |         |
| 缺口朝左(L) |            |              |            | 牛 AL0      | 牛 AL2        | 牛 AL5      |            |              |            |            |              |            |            |              |            |         |
| 缺口朝右(R) |            |              |            | 牛 AR0      | 牛 AR2        | 牛 AR5      |            |              |            |            |              |            |            |              |            |         |
|         |            |              |            |            |              |            |            |              |            | 牛 U0       | 牛 U2         | 牛 U5       | 牛 H0       | 牛 H2         | 牛 H5       | 牛 I     |

註：養 VA0：素材\_排列方式\_缺口位置\_間距寬度

## 陸、研究結果

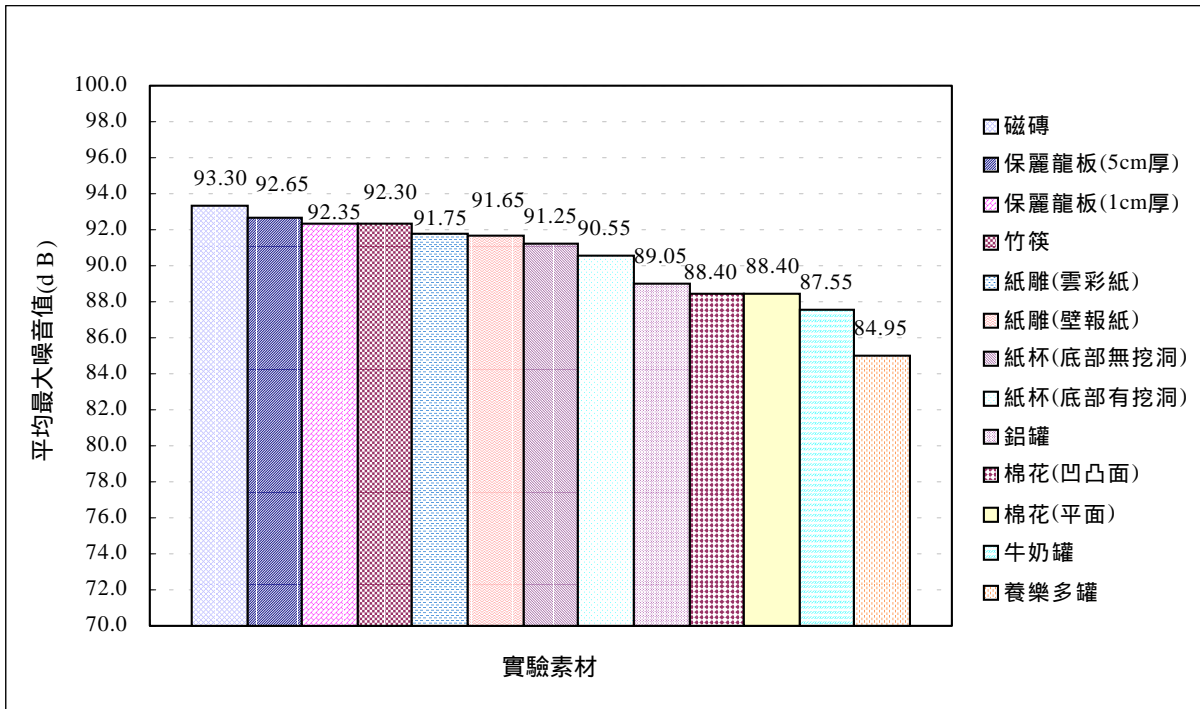


圖 12 第一階段各實驗素材在木箱中的平均最大噪音值

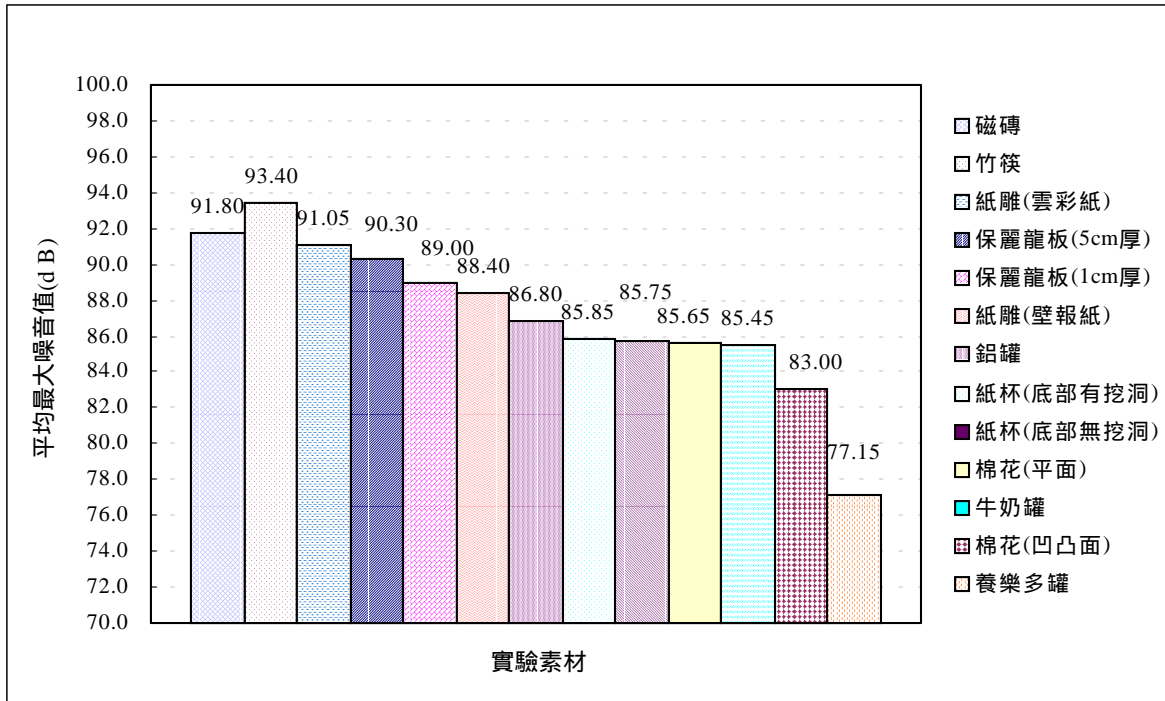


圖 13 第一階段各實驗素材在紙箱中的平均最大噪音值



表 4 不同排列方式與間距之養樂多罐在木箱中之實驗數據

| 編號 | 排列方式     | 間隔距離<br>(cm) | 實驗次數 | 噪音值(d B) |       |       |
|----|----------|--------------|------|----------|-------|-------|
|    |          |              |      | 最大值      | 兩次平均值 | 平均值   |
| 1  | 磁磚       |              | 1    | 74.7     | 74.70 | 74.70 |
|    |          |              | 2    | 74.7     |       |       |
| 2  |          | 0            | 1    | 74.2     | 74.25 |       |
|    |          |              | 2    | 74.3     |       |       |
| 3  | 橫側貼(口朝右) | 2~3          | 1    | 72.4     | 72.30 | 72.68 |
|    |          |              | 2    | 72.2     |       |       |
| 4  |          | 5            | 1    | 71.8     | 71.50 |       |
|    |          |              | 2    | 71.2     |       |       |
| 5  |          | 0            | 1    | 72.1     | 72.00 |       |
|    |          |              | 2    | 71.9     |       |       |
| 6  | 橫側貼(口朝左) | 2~3          | 1    | 71.5     | 71.60 | 71.63 |
|    |          |              | 2    | 71.7     |       |       |
| 7  |          | 5            | 1    | 71.4     | 71.30 |       |
|    |          |              | 2    | 71.2     |       |       |
| 8  |          | 0            | 1    | 72.8     | 72.75 |       |
|    |          |              | 2    | 72.7     |       |       |
| 9  | 縱側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 73.1     | 72.90 | 72.77 |
|    |          |              | 2    | 72.7     |       |       |
| 10 |          | 5            | 1    | 72.7     | 72.65 |       |
|    |          |              | 2    | 72.6     |       |       |
| 11 |          | 0            | 1    | 70.4     | 70.45 |       |
|    |          |              | 2    | 70.5     |       |       |
| 12 | 縱側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 72.2     | 72.15 | 72.13 |
|    |          |              | 2    | 72.1     |       |       |
| 13 |          | 5            | 1    | 73.7     | 73.80 |       |
|    |          |              | 2    | 73.9     |       |       |
| 14 |          | 0            | 1    | 72.4     | 72.25 |       |
|    |          |              | 2    | 72.1     |       |       |
| 15 | 斜側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 74.4     | 74.20 | 72.97 |
|    |          |              | 2    | 74.0     |       |       |
| 16 |          | 5            | 1    | 72.5     | 72.45 |       |
|    |          |              | 2    | 72.4     |       |       |
| 17 |          | 0            | 1    | 71.8     | 71.75 |       |
|    |          |              | 2    | 71.7     |       |       |
| 18 | 斜側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 74.9     | 74.85 | 73.87 |
|    |          |              | 2    | 74.8     |       |       |
| 19 |          | 5            | 1    | 75.0     | 75.00 |       |
|    |          |              | 2    | 75.0     |       |       |
| 20 |          | 0            | 1    | 71.0     | 70.90 |       |
|    |          |              | 2    | 70.8     |       |       |
| 21 | 正立貼      | 2~3          | 1    | 72.8     | 72.75 | 72.42 |
|    |          |              | 2    | 72.7     |       |       |
| 22 |          | 5            | 1    | 73.5     | 73.60 |       |
|    |          |              | 2    | 73.7     |       |       |
| 23 |          | 0            | 1    | 73.7     | 73.50 |       |
|    |          |              | 2    | 73.3     |       |       |
| 24 | 倒立貼      | 2~3          | 1    | 73.5     | 73.45 | 73.48 |
|    |          |              | 2    | 73.4     |       |       |
| 25 |          | 5            | 1    | 73.4     | 73.50 |       |
|    |          |              | 2    | 73.6     |       |       |
| 26 | 不規則貼     | 疏            | 1    | 73.2     | 73.05 | 72.45 |
|    |          |              | 2    | 72.9     |       |       |
| 27 |          | 密            | 1    | 71.8     | 71.85 |       |
|    |          |              | 2    | 71.9     |       |       |

表 5 不同排列方式與間距之養樂多罐在紙箱中之實驗數據

| 編號 | 排列方式     | 間隔距離<br>(cm) | 實驗次數 | 噪音值(d B) |       |       |
|----|----------|--------------|------|----------|-------|-------|
|    |          |              |      | 最大值      | 兩次平均值 | 平均值   |
| 1  | 磁磚       |              | 1    | 70.2     | 70.10 | 70.10 |
|    |          |              | 2    | 70.0     |       |       |
| 2  | 橫側貼(口朝右) | 0            | 1    | 67.5     | 67.45 | 67.60 |
|    |          |              | 2    | 67.4     |       |       |
| 3  | 橫側貼(口朝右) | 2~3          | 1    | 67.2     | 67.00 | 67.60 |
|    |          |              | 2    | 66.8     |       |       |
| 4  | 橫側貼(口朝右) | 5            | 1    | 68.4     | 68.35 | 67.60 |
|    |          |              | 2    | 68.3     |       |       |
| 5  | 橫側貼(口朝左) | 0            | 1    | 67.6     | 67.55 | 67.42 |
|    |          |              | 2    | 67.5     |       |       |
| 6  | 橫側貼(口朝左) | 2~3          | 1    | 66.5     | 66.45 | 67.42 |
|    |          |              | 2    | 66.4     |       |       |
| 7  | 橫側貼(口朝左) | 5            | 1    | 68.4     | 68.25 | 67.42 |
|    |          |              | 2    | 68.1     |       |       |
| 8  | 縱側貼(口朝上) | 0            | 1    | 68.9     | 68.85 | 68.92 |
|    |          |              | 2    | 68.8     |       |       |
| 9  | 縱側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 68.8     | 68.80 | 68.92 |
|    |          |              | 2    | 68.8     |       |       |
| 10 | 縱側貼(口朝上) | 5            | 1    | 69.3     | 69.10 | 68.92 |
|    |          |              | 2    | 68.9     |       |       |
| 11 | 縱側貼(口朝下) | 0            | 1    | 67.4     | 67.40 | 68.25 |
|    |          |              | 2    | 67.4     |       |       |
| 12 | 縱側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 67.9     | 68.15 | 68.25 |
|    |          |              | 2    | 68.4     |       |       |
| 13 | 縱側貼(口朝下) | 5            | 1    | 69.1     | 69.20 | 68.25 |
|    |          |              | 2    | 69.3     |       |       |
| 14 | 斜側貼(口朝上) | 0            | 1    | 69.8     | 69.60 | 69.38 |
|    |          |              | 2    | 69.4     |       |       |
| 15 | 斜側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 69.0     | 69.05 | 69.38 |
|    |          |              | 2    | 69.1     |       |       |
| 16 | 斜側貼(口朝上) | 5            | 1    | 69.3     | 69.50 | 69.38 |
|    |          |              | 2    | 69.7     |       |       |
| 17 | 斜側貼(口朝下) | 0            | 1    | 68.1     | 68.05 | 68.27 |
|    |          |              | 2    | 68.0     |       |       |
| 18 | 斜側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 68.1     | 68.20 | 68.27 |
|    |          |              | 2    | 68.3     |       |       |
| 19 | 斜側貼(口朝下) | 5            | 1    | 68.5     | 68.55 | 68.27 |
|    |          |              | 2    | 68.6     |       |       |
| 20 | 正立貼      | 0            | 1    | 65.8     | 66.05 | 66.42 |
|    |          |              | 2    | 66.3     |       |       |
| 21 | 正立貼      | 2~3          | 1    | 66.2     | 66.00 | 66.42 |
|    |          |              | 2    | 65.8     |       |       |
| 22 | 正立貼      | 5            | 1    | 67.2     | 67.20 | 66.42 |
|    |          |              | 2    | 67.2     |       |       |
| 23 | 倒立貼      | 0            | 1    | 72.4     | 72.60 | 71.33 |
|    |          |              | 2    | 72.8     |       |       |
| 24 | 倒立貼      | 2~3          | 1    | 70.8     | 70.80 | 71.33 |
|    |          |              | 2    | 70.8     |       |       |
| 25 | 倒立貼      | 5            | 1    | 70.6     | 70.60 | 71.33 |
|    |          |              | 2    | 70.6     |       |       |
| 26 | 不規則貼     | 疏            | 1    | 67.3     | 67.15 | 67.18 |
|    |          |              | 2    | 67.0     |       |       |
| 27 | 不規則貼     | 密            | 1    | 67.1     | 67.20 | 67.18 |
|    |          |              | 2    | 67.3     |       |       |

表 6 不同排列方式與間距之牛奶罐在木箱中之實驗數據

| 編號 | 排列方式     | 間隔距離<br>(cm) | 實驗次數 | 噪音值(d B) |       |       |
|----|----------|--------------|------|----------|-------|-------|
|    |          |              |      | 最大值      | 兩次平均值 | 平均值   |
| 1  | 磁磚       |              | 1    | 74.7     | 74.70 | 74.70 |
|    |          |              | 2    | 74.7     |       |       |
| 2  | 橫側貼(口朝右) | 0            | 1    | 68.8     | 69.00 | 70.10 |
|    |          |              | 2    | 69.2     |       |       |
| 3  | 橫側貼(口朝右) | 2~3          | 1    | 71.4     | 71.40 | 70.10 |
|    |          |              | 2    | 71.4     |       |       |
| 4  | 橫側貼(口朝右) | 5            | 1    | 69.9     | 69.90 | 70.10 |
|    |          |              | 2    | 69.9     |       |       |
| 5  | 橫側貼(口朝左) | 0            | 1    | 68.8     | 68.65 | 69.63 |
|    |          |              | 2    | 68.5     |       |       |
| 6  | 橫側貼(口朝左) | 2~3          | 1    | 70.4     | 70.45 | 69.63 |
|    |          |              | 2    | 70.5     |       |       |
| 7  | 橫側貼(口朝左) | 5            | 1    | 69.7     | 69.80 | 69.63 |
|    |          |              | 2    | 69.9     |       |       |
| 8  | 縱側貼(口朝上) | 0            | 1    | 70.4     | 70.25 | 71.43 |
|    |          |              | 2    | 70.1     |       |       |
| 9  | 縱側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 72.8     | 72.85 | 71.43 |
|    |          |              | 2    | 72.9     |       |       |
| 10 | 縱側貼(口朝上) | 5            | 1    | 71.4     | 71.20 | 71.43 |
|    |          |              | 2    | 71.0     |       |       |
| 11 | 縱側貼(口朝下) | 0            | 1    | 71.1     | 71.05 | 70.82 |
|    |          |              | 2    | 71.0     |       |       |
| 12 | 縱側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 71.4     | 71.55 | 70.82 |
|    |          |              | 2    | 71.7     |       |       |
| 13 | 縱側貼(口朝下) | 5            | 1    | 69.7     | 69.85 | 70.97 |
|    |          |              | 2    | 70.0     |       |       |
| 14 | 斜側貼(口朝上) | 0            | 1    | 70.6     | 70.70 | 70.97 |
|    |          |              | 2    | 70.8     |       |       |
| 15 | 斜側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 70.2     | 70.30 | 70.97 |
|    |          |              | 2    | 70.4     |       |       |
| 16 | 斜側貼(口朝上) | 5            | 1    | 71.7     | 71.90 | 70.60 |
|    |          |              | 2    | 72.1     |       |       |
| 17 | 斜側貼(口朝下) | 0            | 1    | 70.8     | 70.65 | 70.60 |
|    |          |              | 2    | 70.5     |       |       |
| 18 | 斜側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 71.5     | 71.40 | 70.60 |
|    |          |              | 2    | 71.3     |       |       |
| 19 | 斜側貼(口朝下) | 5            | 1    | 69.7     | 69.75 | 70.85 |
|    |          |              | 2    | 69.8     |       |       |
| 20 | 正立貼      | 0            | 1    | 73.9     | 73.70 | 70.85 |
|    |          |              | 2    | 73.5     |       |       |
| 21 | 正立貼      | 2~3          | 1    | 68.3     | 68.15 | 70.85 |
|    |          |              | 2    | 68.0     |       |       |
| 22 | 正立貼      | 5            | 1    | 70.8     | 70.70 | 73.28 |
|    |          |              | 2    | 70.6     |       |       |
| 23 | 倒立貼      | 0            | 1    | 74.3     | 74.30 | 73.28 |
|    |          |              | 2    | 74.3     |       |       |
| 24 | 倒立貼      | 2~3          | 1    | 72.5     | 72.45 | 73.28 |
|    |          |              | 2    | 72.4     |       |       |
| 25 | 倒立貼      | 5            | 1    | 73.2     | 73.10 | 74.35 |
|    |          |              | 2    | 73.0     |       |       |
| 26 | 不規則貼     |              | 1    | 74.4     | 74.35 | 74.35 |
|    |          |              | 2    | 74.3     |       |       |

表 7 不同排列方式與間距之牛奶罐在紙箱中之實驗數據

| 編號 | 排列方式     | 間隔距離<br>(cm) | 實驗次數 | 噪音值(d B) |       |       |
|----|----------|--------------|------|----------|-------|-------|
|    |          |              |      | 最大值      | 兩次平均值 | 平均值   |
| 1  | 磁磚       |              | 1    | 70.2     | 70.10 | 70.10 |
|    |          |              | 2    | 70.0     |       |       |
| 2  |          | 0            | 1    | 65.5     | 65.40 |       |
|    |          |              | 2    | 65.3     |       |       |
| 3  | 橫側貼(口朝右) | 2~3          | 1    | 63.4     | 63.50 | 64.75 |
|    |          |              | 2    | 63.6     |       |       |
| 4  |          | 5            | 1    | 65.3     | 65.35 |       |
|    |          |              | 2    | 65.4     |       |       |
| 5  |          | 0            | 1    | 67.5     | 67.45 |       |
|    |          |              | 2    | 67.4     |       |       |
| 6  | 橫側貼(口朝左) | 2~3          | 1    | 64.1     | 64.05 | 66.10 |
|    |          |              | 2    | 64.0     |       |       |
| 7  |          | 5            | 1    | 66.9     | 66.80 |       |
|    |          |              | 2    | 66.7     |       |       |
| 8  |          | 0            | 1    | 68.2     | 68.15 |       |
|    |          |              | 2    | 68.1     |       |       |
| 9  | 縱側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 63.4     | 63.45 | 65.80 |
|    |          |              | 2    | 63.5     |       |       |
| 10 |          | 5            | 1    | 65.8     | 65.80 |       |
|    |          |              | 2    | 65.8     |       |       |
| 11 |          | 0            | 1    | 66.6     | 66.60 |       |
|    |          |              | 2    | 66.6     |       |       |
| 12 | 縱側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 64.0     | 64.20 | 65.72 |
|    |          |              | 2    | 64.4     |       |       |
| 13 |          | 5            | 1    | 66.5     | 66.35 |       |
|    |          |              | 2    | 66.2     |       |       |
| 14 |          | 0            | 1    | 64.2     | 64.05 |       |
|    |          |              | 2    | 63.9     |       |       |
| 15 | 斜側貼(口朝上) | 2~3          | 1    | 63.1     | 62.95 | 63.75 |
|    |          |              | 2    | 62.8     |       |       |
| 16 |          | 5            | 1    | 64.3     | 64.25 |       |
|    |          |              | 2    | 64.2     |       |       |
| 17 |          | 0            | 1    | 66.1     | 66.10 |       |
|    |          |              | 2    | 66.1     |       |       |
| 18 | 斜側貼(口朝下) | 2~3          | 1    | 65.1     | 65.15 | 65.20 |
|    |          |              | 2    | 65.2     |       |       |
| 19 |          | 5            | 1    | 64.2     | 64.35 |       |
|    |          |              | 2    | 64.5     |       |       |
| 20 |          | 0            | 1    | 65.4     | 65.35 |       |
|    |          |              | 2    | 65.3     |       |       |
| 21 | 正立貼      | 2~3          | 1    | 64.2     | 64.05 | 65.17 |
|    |          |              | 2    | 63.9     |       |       |
| 22 |          | 5            | 1    | 66.1     | 66.10 |       |
|    |          |              | 2    | 66.1     |       |       |
| 23 |          | 0            | 1    | 70.0     | 69.95 |       |
|    |          |              | 2    | 69.9     |       |       |
| 24 | 倒立貼      | 2~3          | 1    | 70.8     | 70.80 | 69.92 |
|    |          |              | 2    | 70.8     |       |       |
| 25 |          | 5            | 1    | 69.0     | 69.00 |       |
|    |          |              | 2    | 69.0     |       |       |
| 26 | 不規則貼     |              | 1    | 65.3     | 65.30 | 65.30 |
|    |          |              | 2    | 65.3     |       |       |

表 8 不同排列組合之養樂多罐在木箱與紙箱中之實驗數據

| 編號 | 排列方式     | 木箱         |          | 紙箱         |          |
|----|----------|------------|----------|------------|----------|
|    |          | 平均噪音值(d B) | 平均吸音率(%) | 平均噪音值(d B) | 平均吸音率(%) |
| 1  | 磁磚       | 74.70      | 0.00     | 70.10      | 0.00     |
| 2  | 橫側貼(口朝右) | 72.68      | - 2.70   | 67.60      | - 3.57   |
| 3  | 橫側貼(口朝左) | 71.63      | - 4.11   | 67.42      | - 3.82   |
| 4  | 縱側貼(口朝上) | 72.77      | - 2.58   | 68.92      | - 1.68   |
| 5  | 縱側貼(口朝下) | 72.13      | - 3.44   | 68.25      | - 2.64   |
| 6  | 斜側貼(口朝上) | 72.97      | - 2.32   | 69.38      | - 1.03   |
| 7  | 斜側貼(口朝下) | 73.87      | - 1.11   | 68.27      | - 2.61   |
| 8  | 正立貼      | 72.42      | - 3.05   | 66.42      | - 5.25   |
| 9  | 倒立貼      | 73.48      | - 1.63   | 71.33      | 1.75     |
| 10 | 不規則貼     | 72.45      | - 3.01   | 67.18      | - 4.17   |
|    | 平均值      |            | - 2.66   |            | - 2.56   |

表 9 不同排列組合之牛奶罐在木箱與紙箱中之實驗數據

| 編號 | 排列方式     | 木箱         |          | 紙箱         |          |
|----|----------|------------|----------|------------|----------|
|    |          | 平均噪音值(d B) | 平均吸音率(%) | 平均噪音值(d B) | 平均吸音率(%) |
| 1  | 磁磚       | 74.70      | 0.00     | 70.10      | 0.00     |
| 2  | 橫側貼(口朝右) | 70.10      | - 6.16   | 64.75      | - 7.63   |
| 3  | 橫側貼(口朝左) | 69.63      | - 6.79   | 66.10      | - 5.71   |
| 4  | 縱側貼(口朝上) | 71.43      | - 4.38   | 65.80      | - 6.13   |
| 5  | 縱側貼(口朝下) | 70.82      | - 5.19   | 65.72      | - 6.25   |
| 6  | 斜側貼(口朝上) | 70.97      | - 4.99   | 63.75      | - 9.06   |
| 7  | 斜側貼(口朝下) | 70.60      | - 5.49   | 65.20      | - 6.99   |
| 8  | 正立貼      | 70.85      | - 5.15   | 65.17      | - 7.03   |
| 9  | 倒立貼      | 73.28      | - 1.90   | 69.92      | - 0.26   |
| 10 | 不規則貼     | 74.35      | - 0.47   | 65.30      | - 6.85   |
|    | 平均值      |            | - 4.50   |            | - 6.21   |

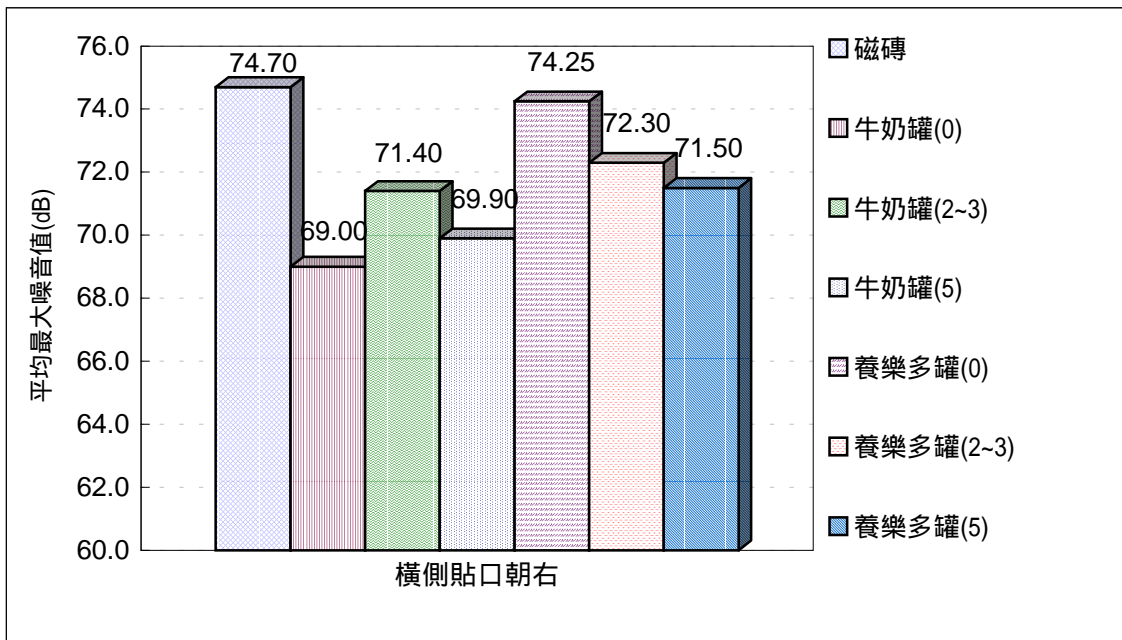


圖 14 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中橫側貼口朝右之平均最大噪音值

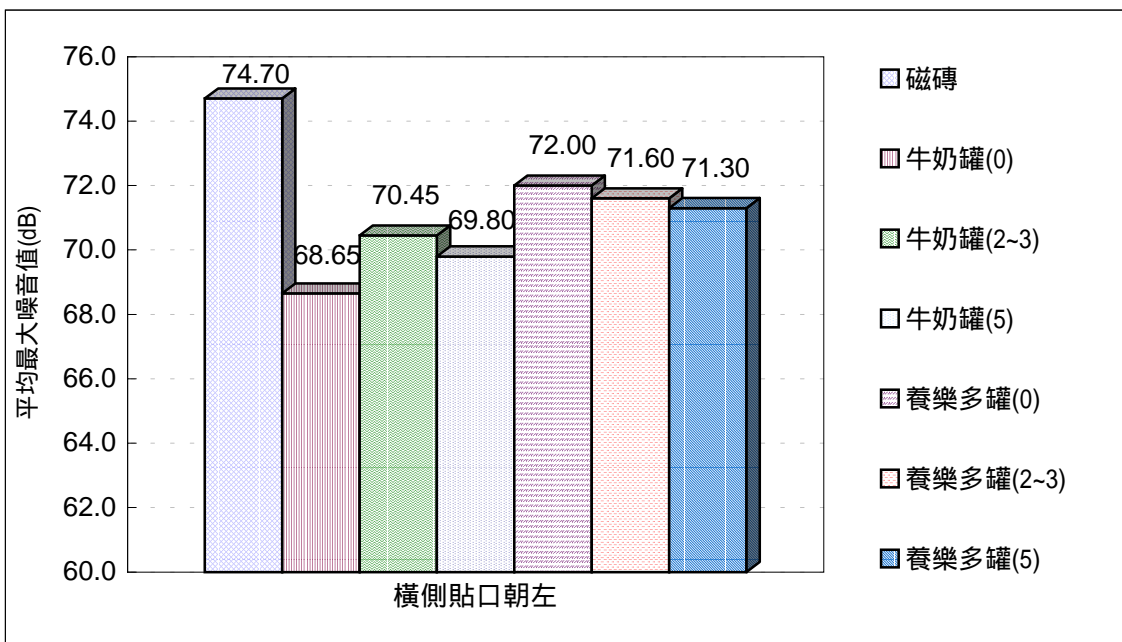


圖 15 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中橫側貼口朝左之平均最大噪音值

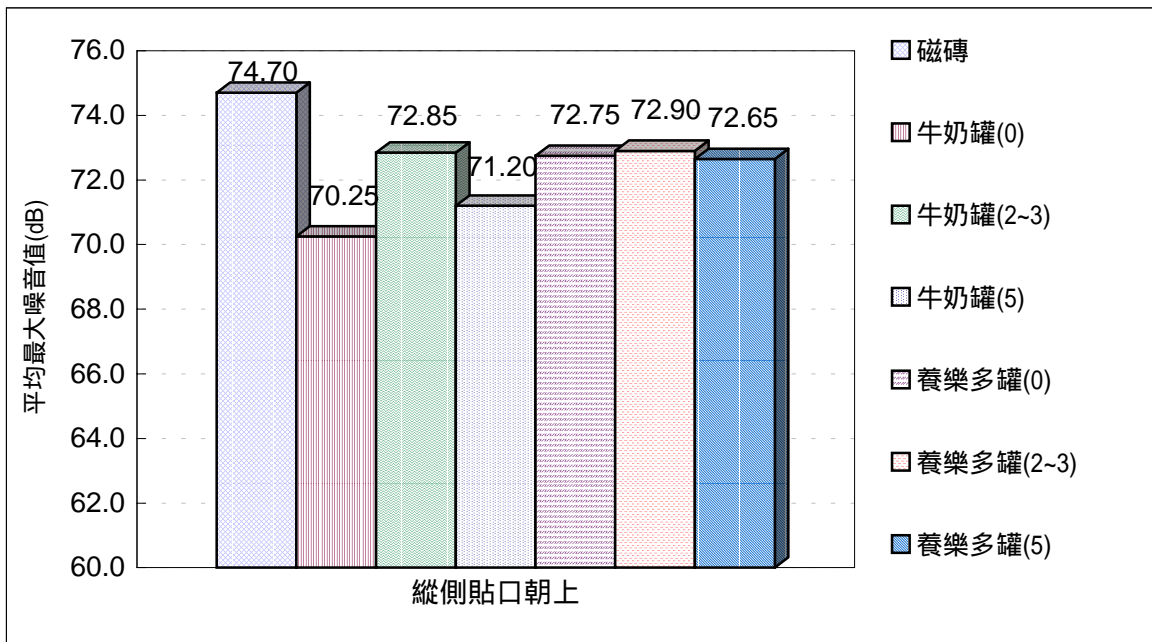


圖 16 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中縱側貼口朝上之平均最大噪音值

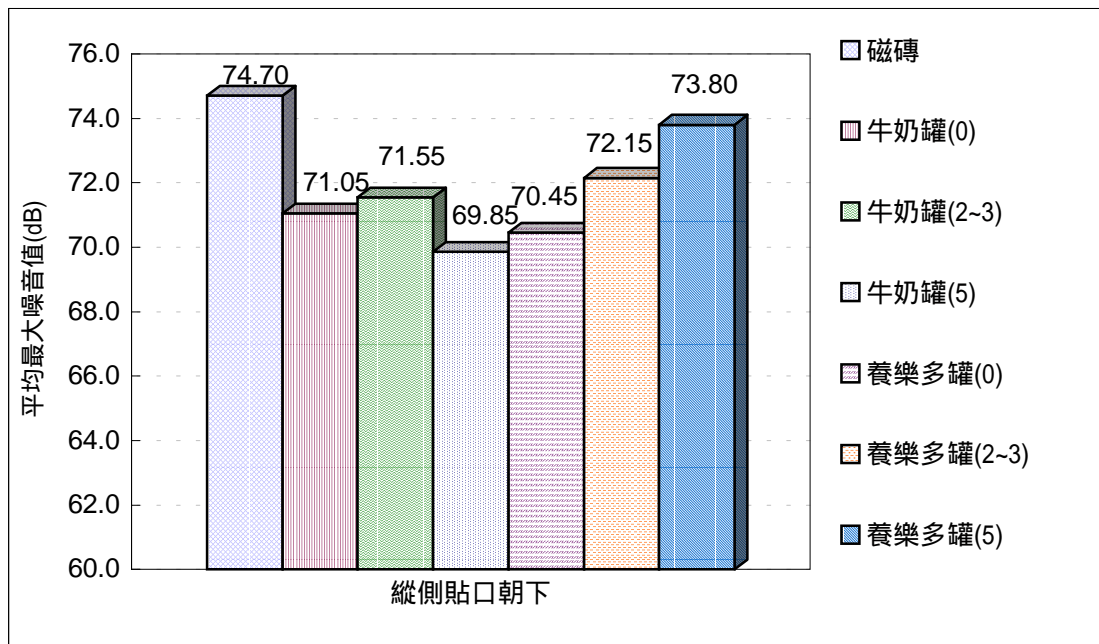


圖 17 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中縱側貼口朝下之平均最大噪音值

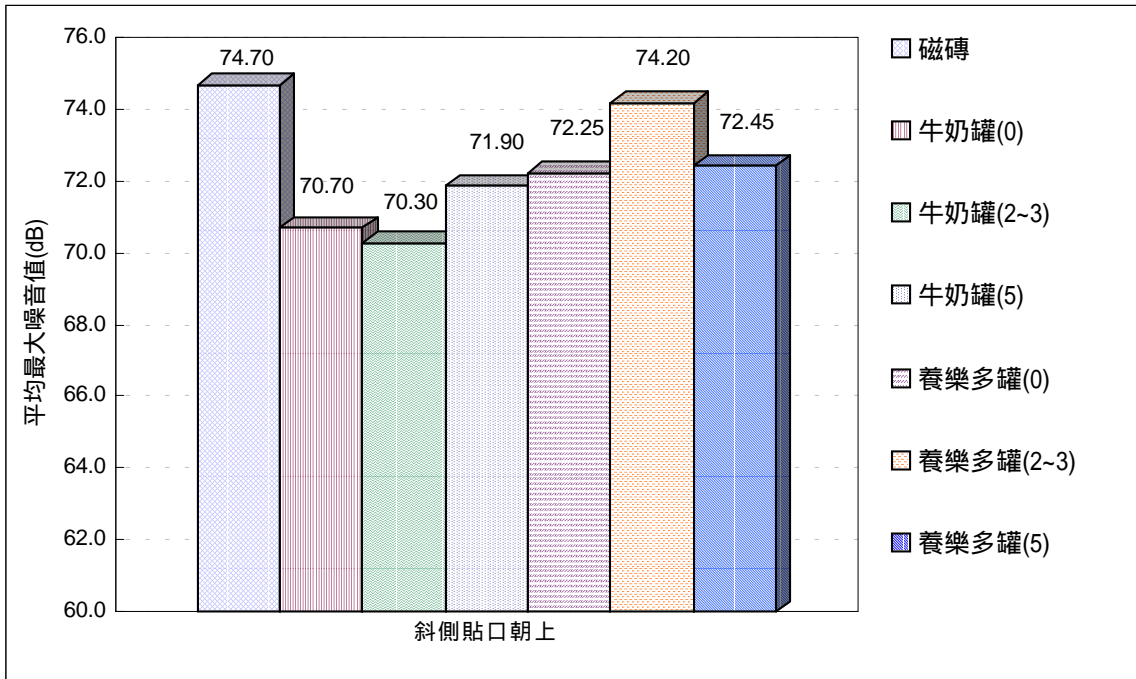


圖 18 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中斜側貼口朝上之平均最大噪音值

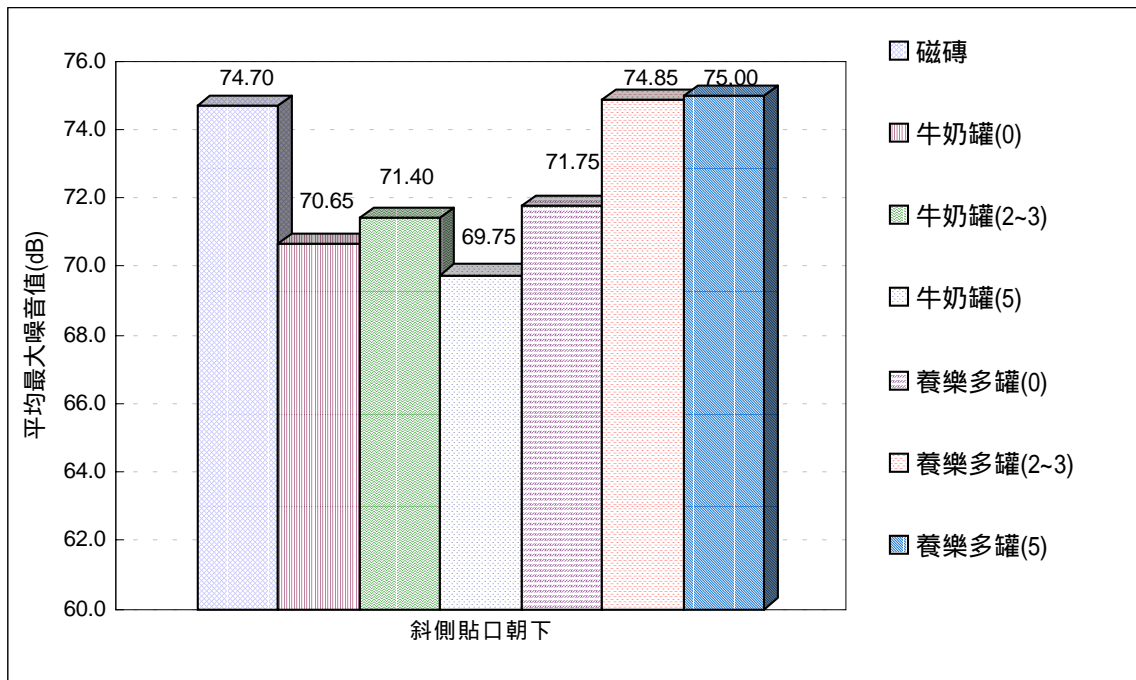


圖 19 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中斜側貼口朝下之平均最大噪音值



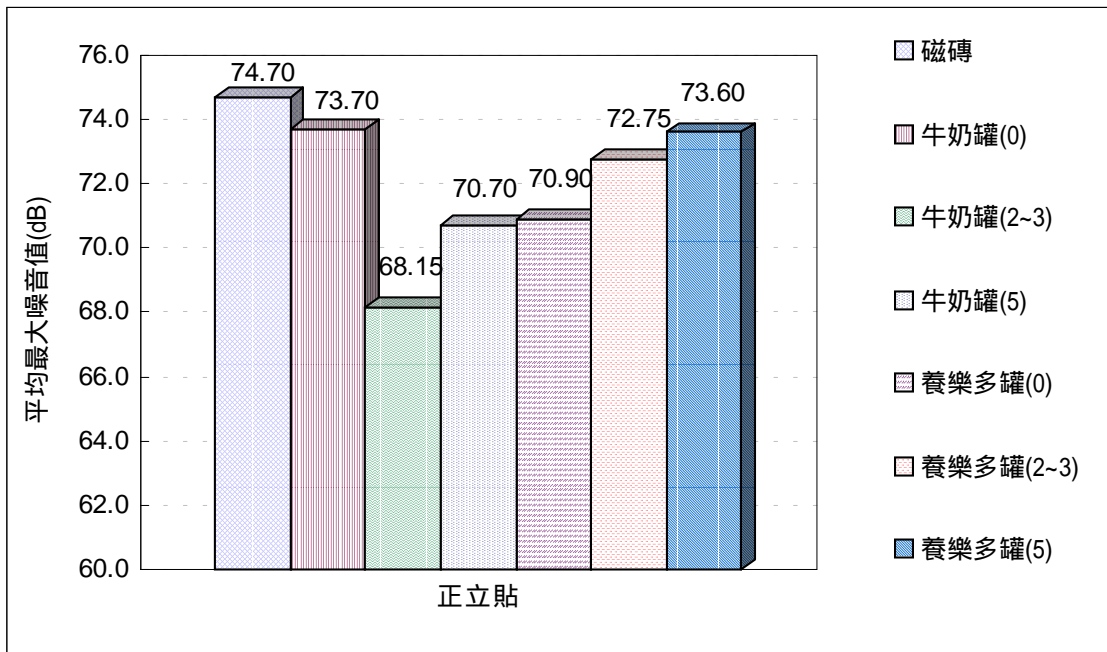


圖 20 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中正立貼之平均最大噪音值

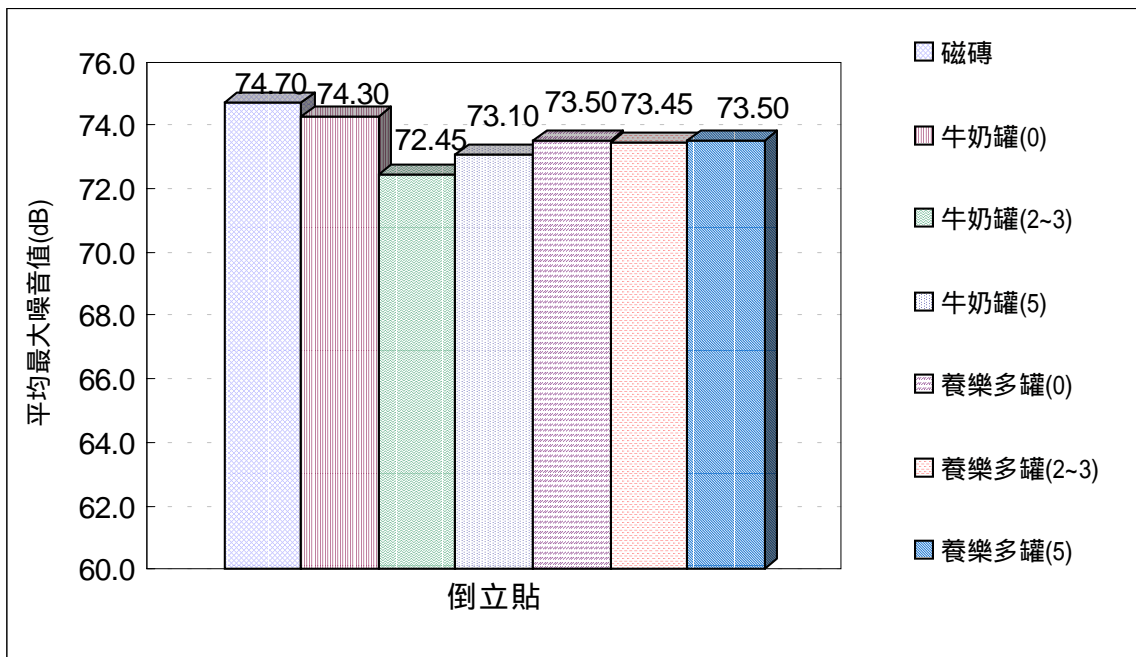


圖 21 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中倒立貼之平均最大噪音值

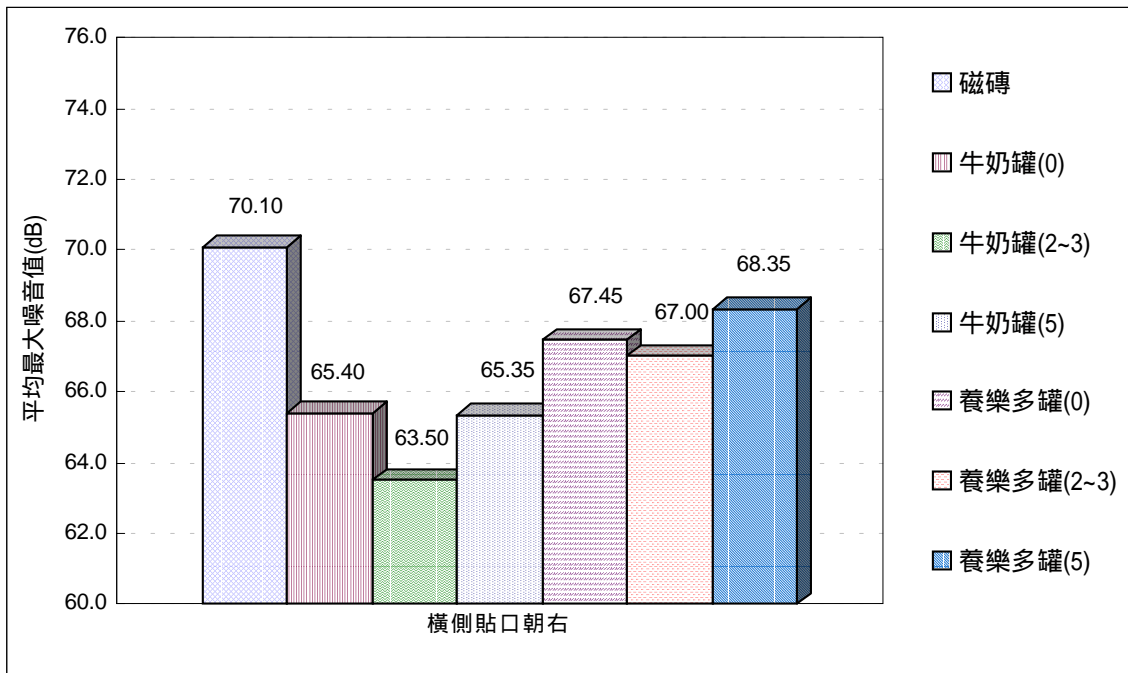


圖 22 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中橫側貼口朝右之平均最大噪音值

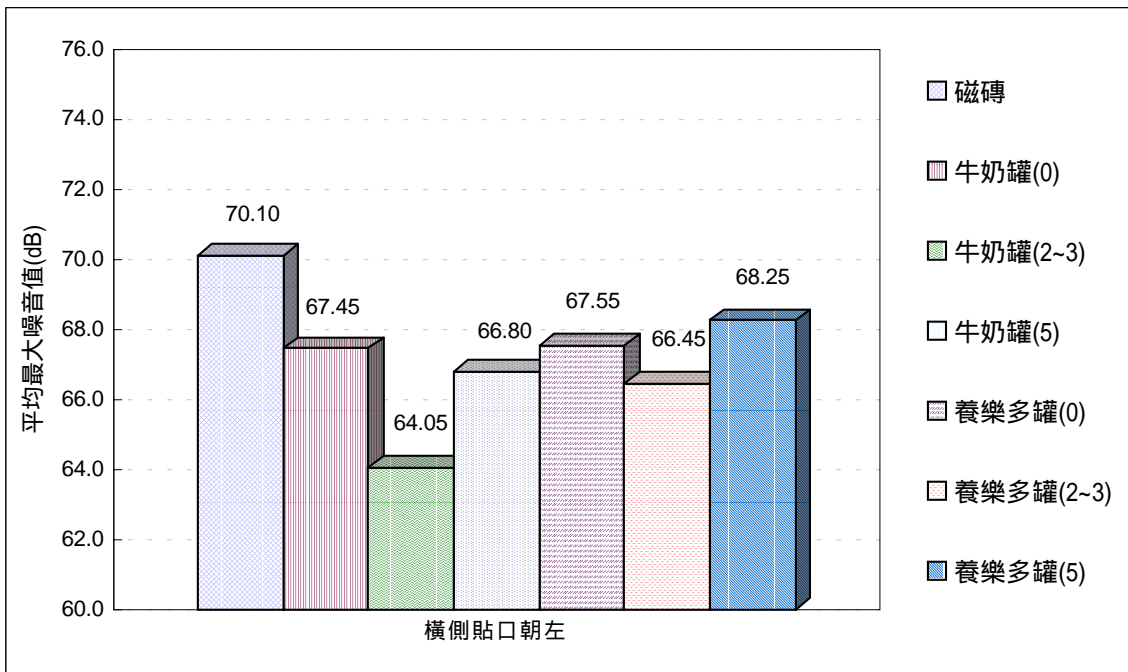


圖 23 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中橫側貼口朝左之平均最大噪音值

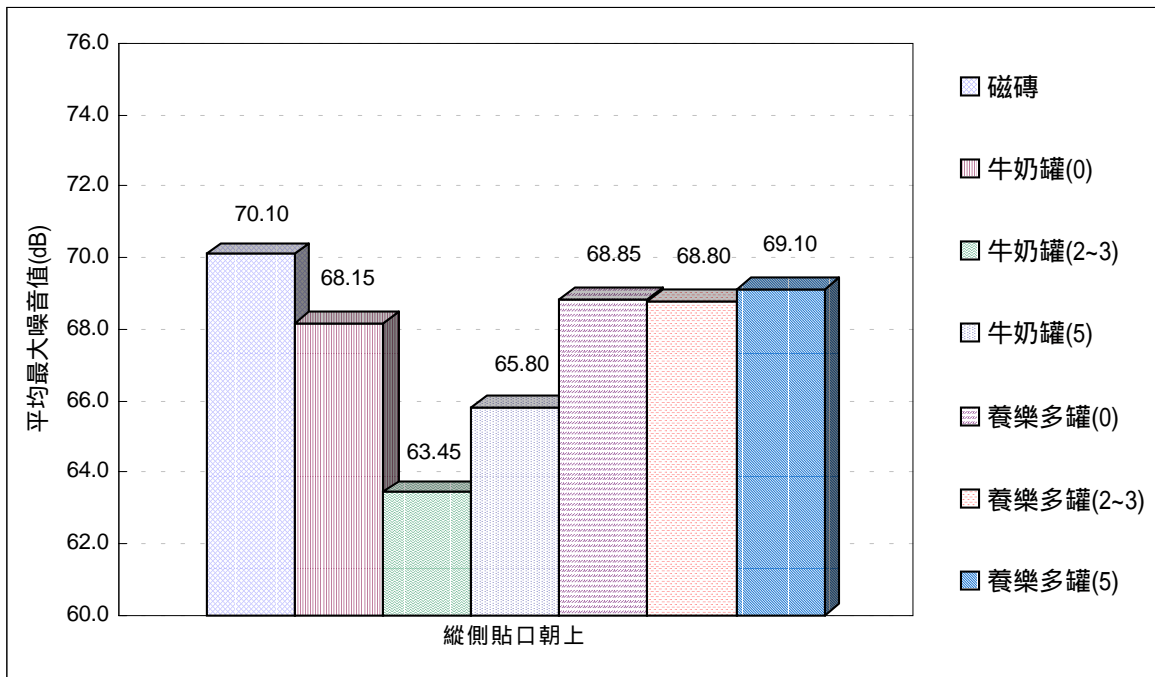


圖 24 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中縱側貼口朝上之平均最大噪音值

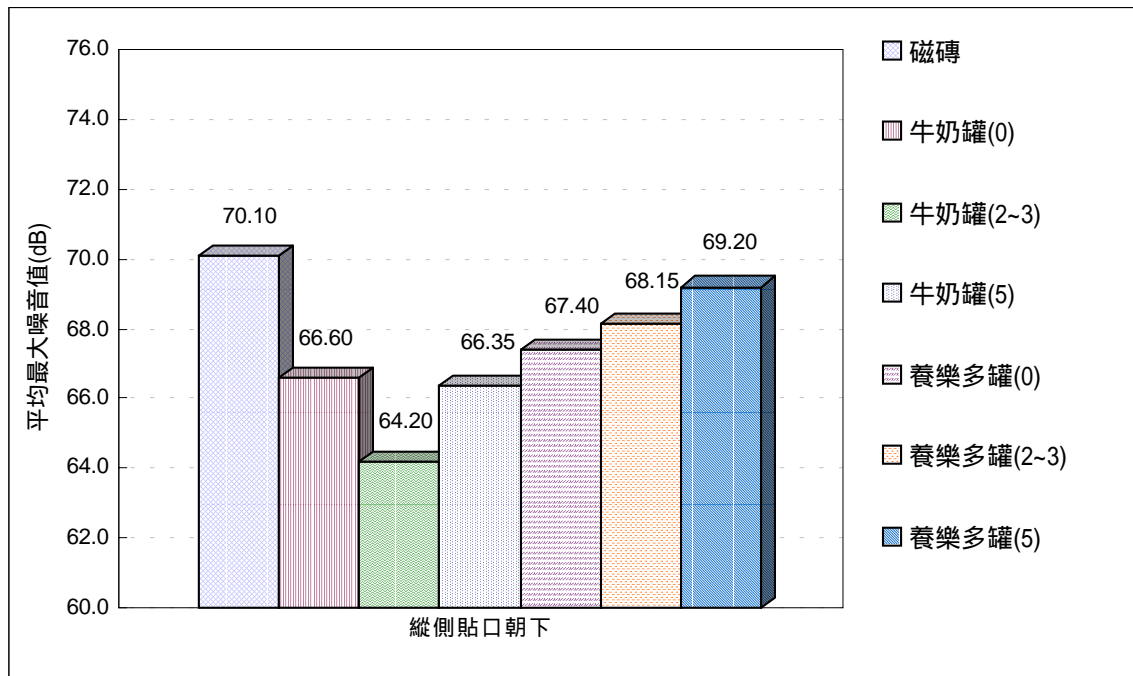


圖 25 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中縱側貼口朝下之平均最大噪音值

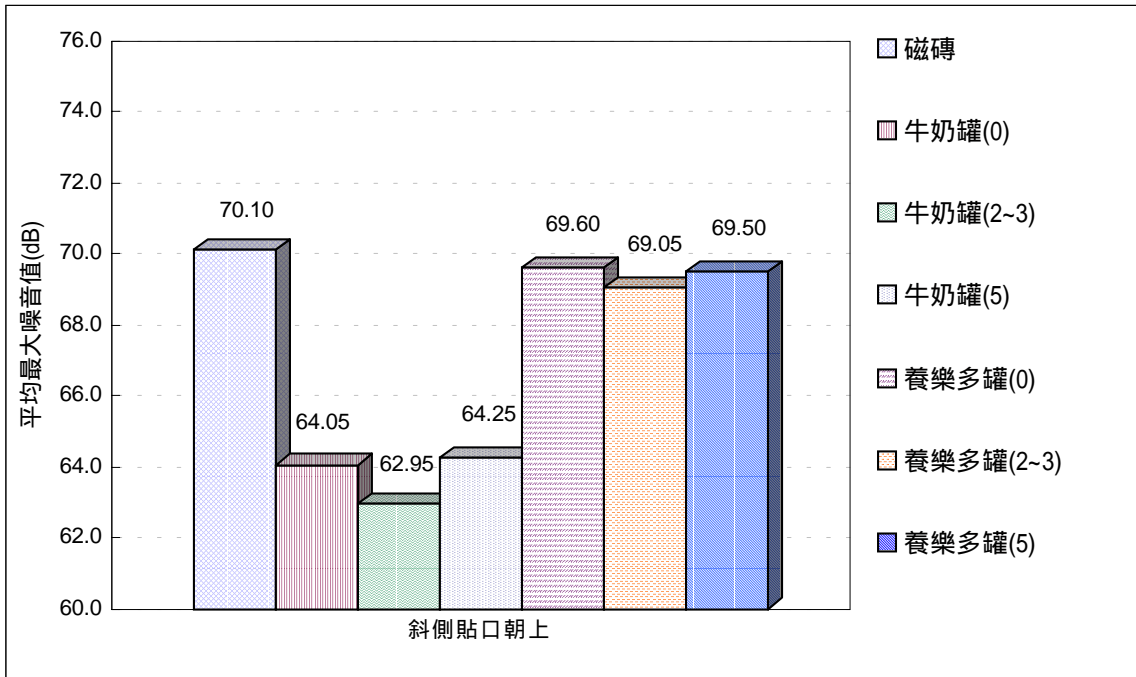


圖 26 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中斜側貼口朝上之平均最大噪音值

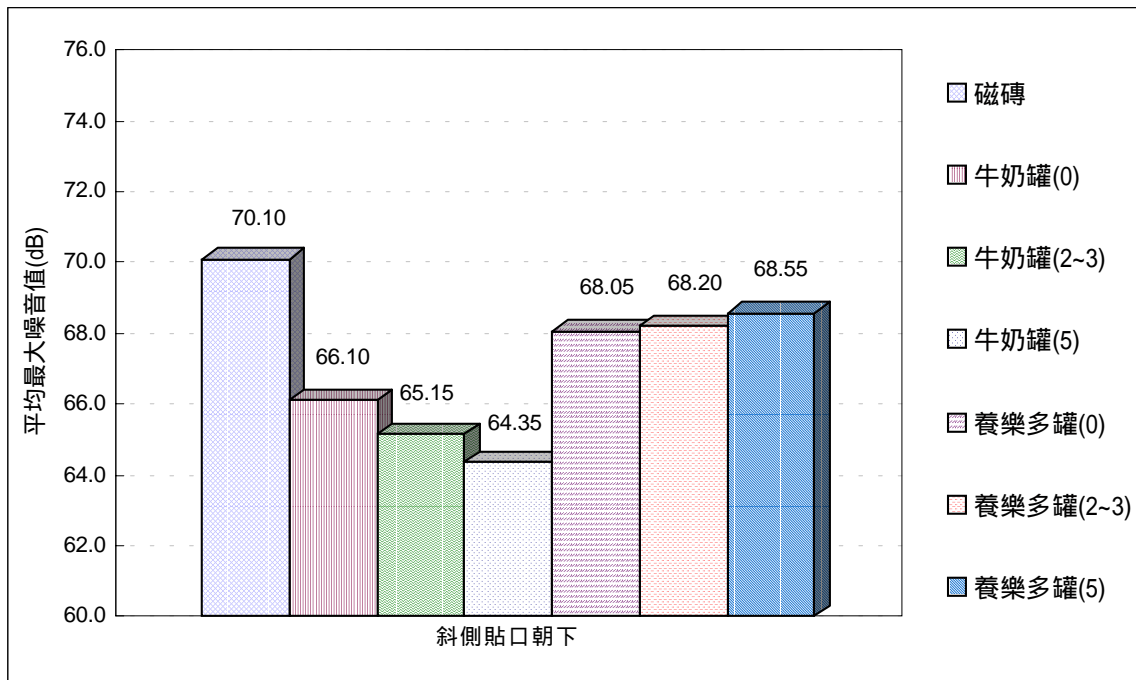


圖 27 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中斜側貼口朝下之平均最大噪音值

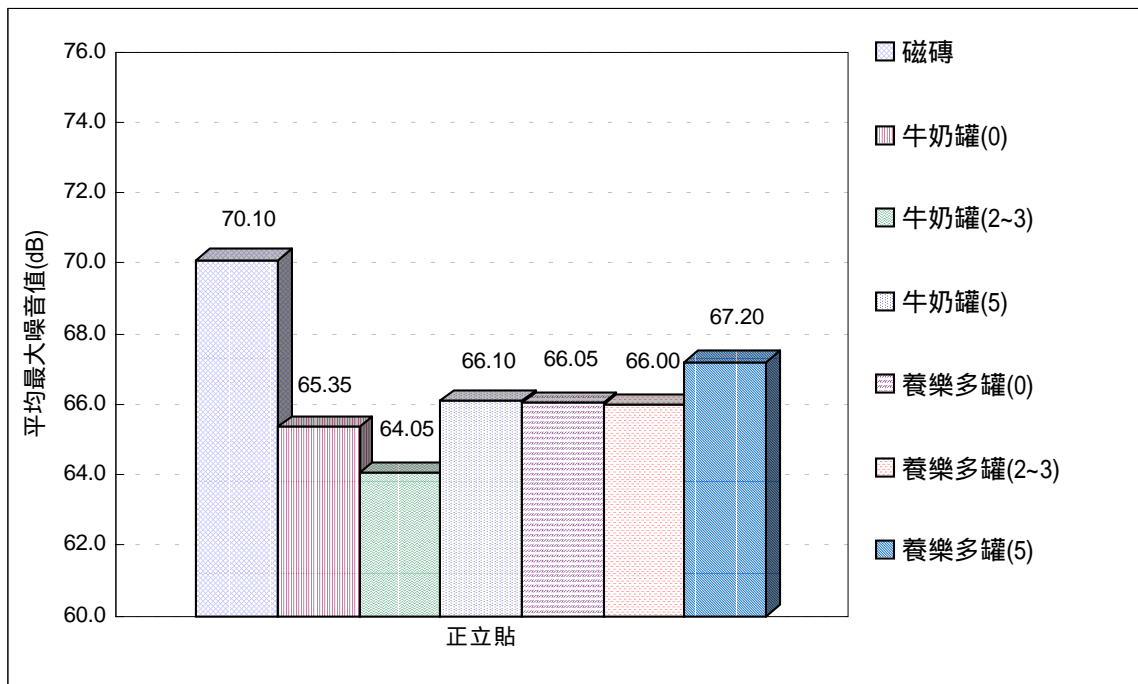


圖 28 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中正立貼之平均最大噪音值

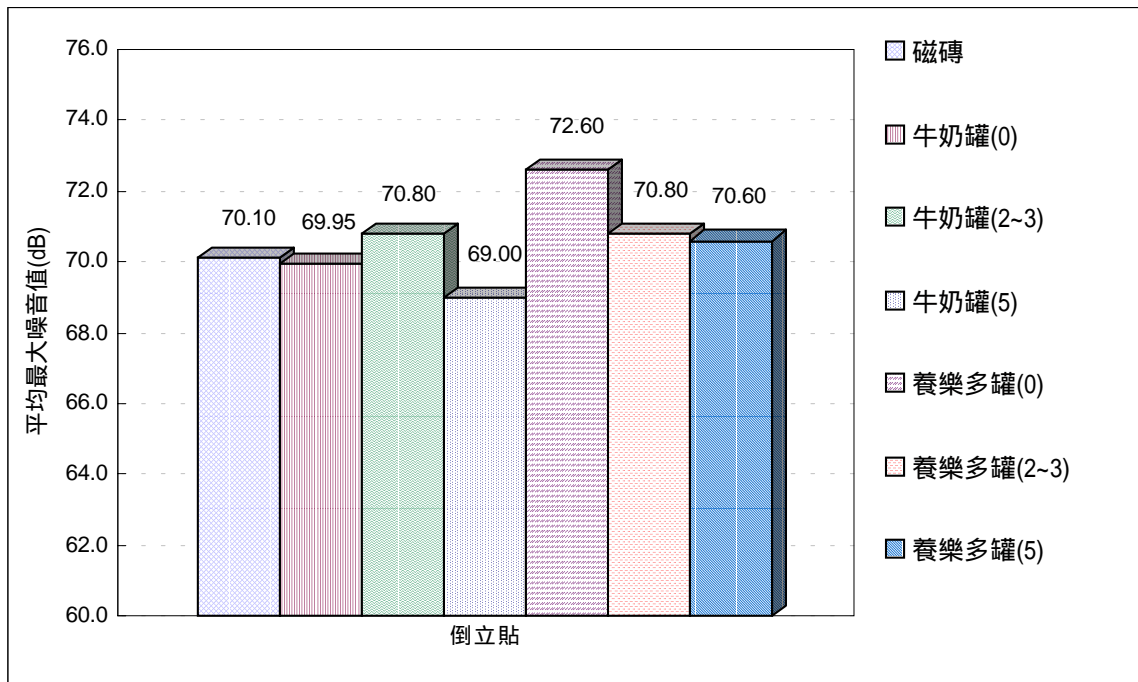


圖 29 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中倒立貼之平均最大噪音值

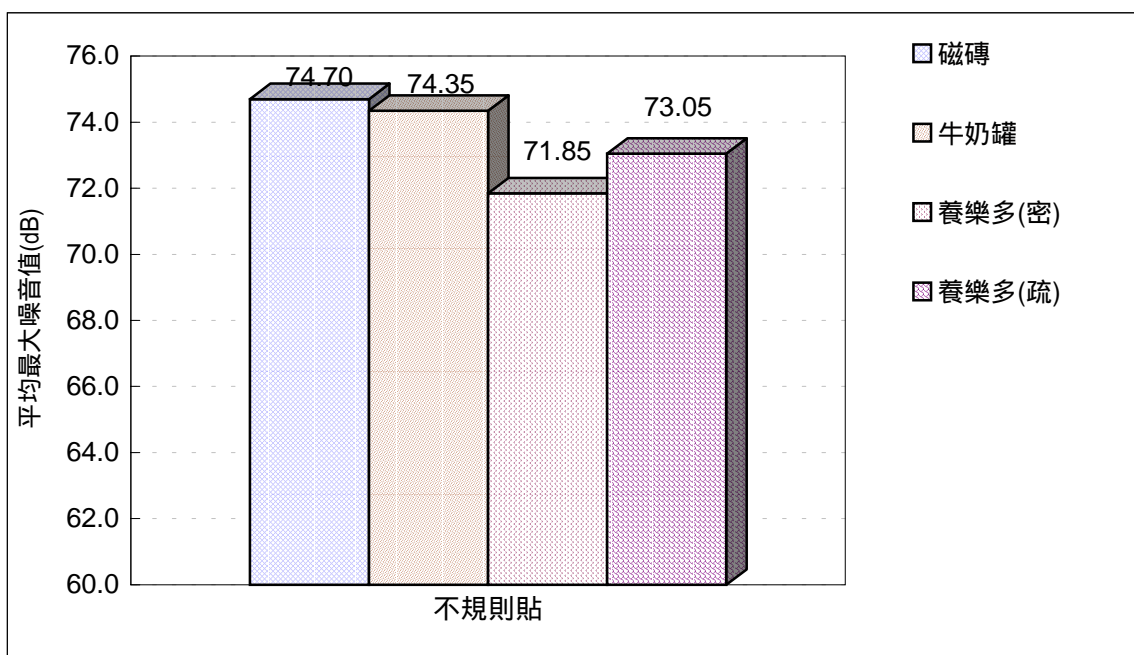


圖 30 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在木箱中不規則貼之平均最大噪音值

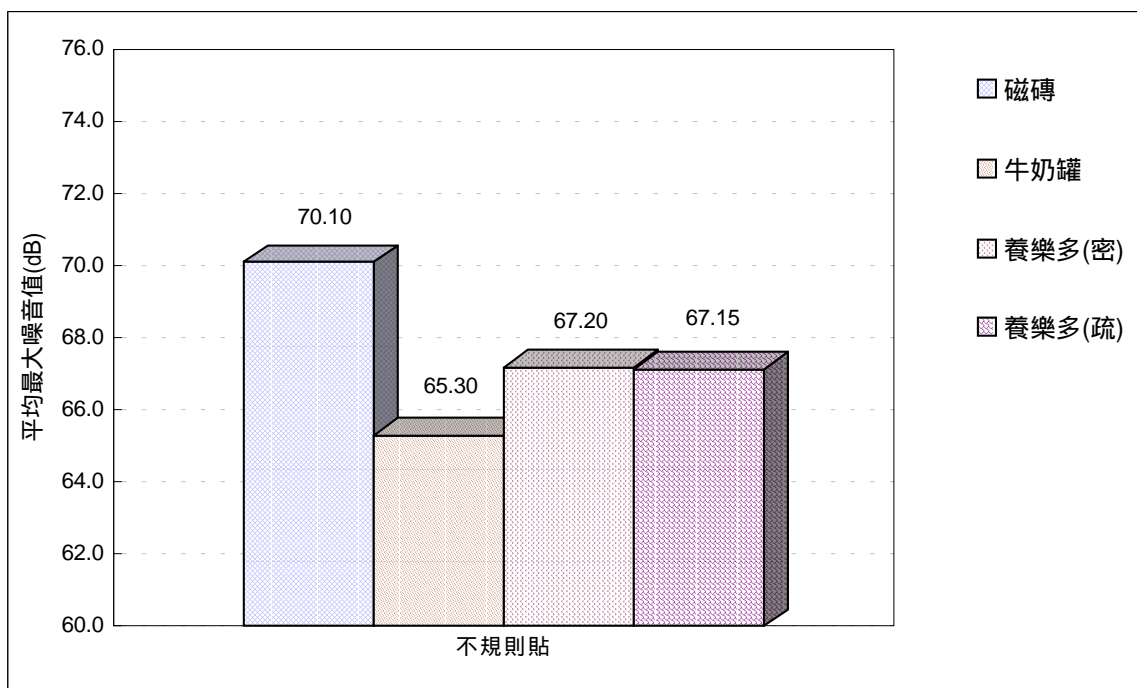


圖 31 不同間距的牛奶罐與養樂多罐在紙箱中不規則貼之平均最大噪音值

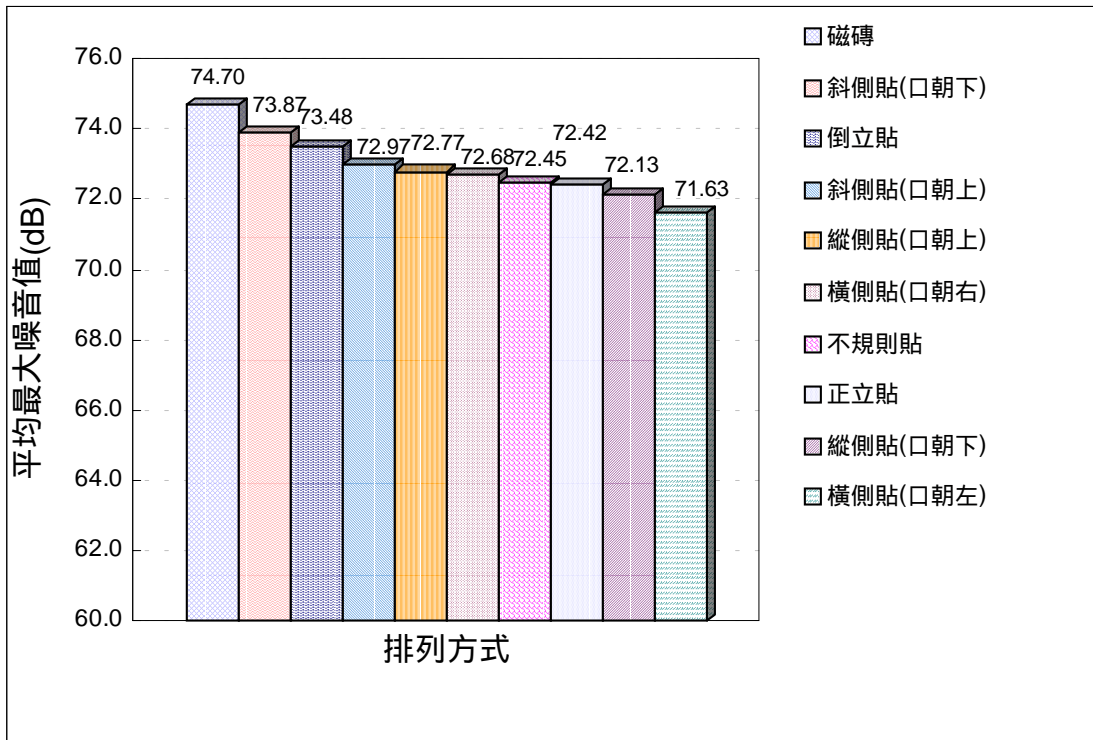


圖 32 各排列組合之養樂多罐在木箱中之平均最大噪音值

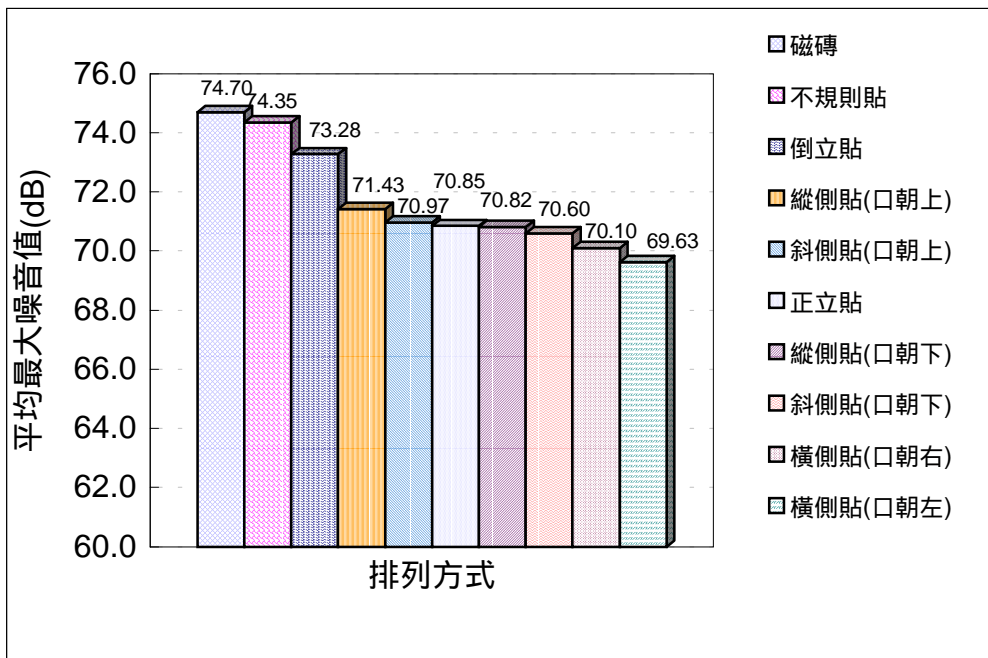


圖 33 各排列組合之牛奶罐在木箱中之平均最大噪音值

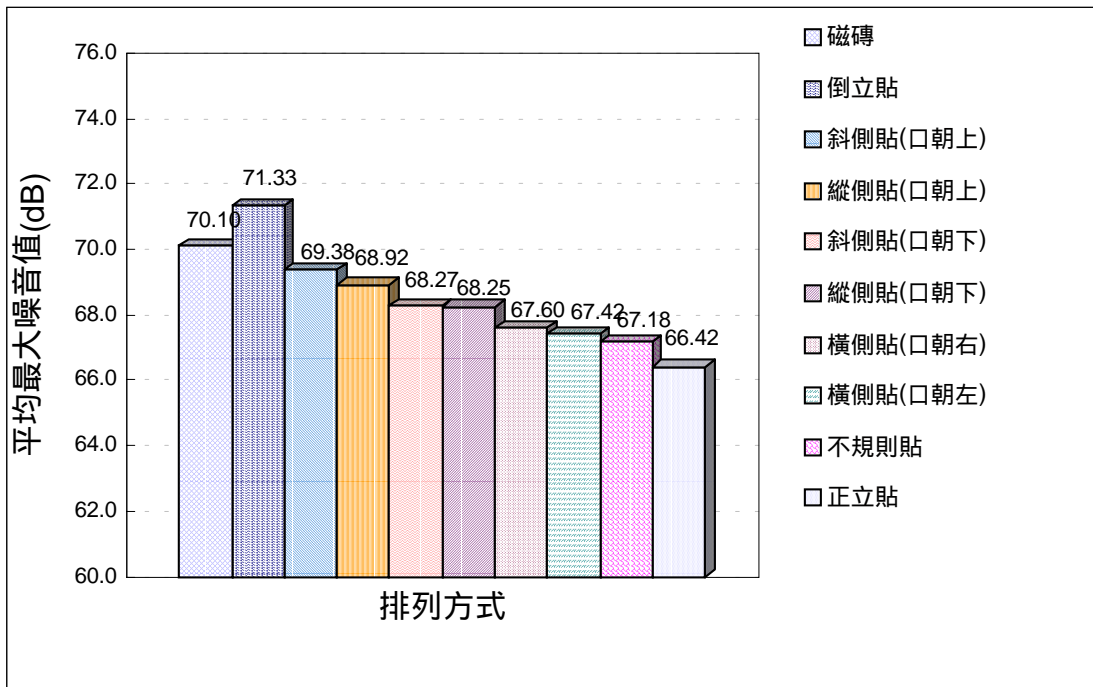


圖 34 各排列組合之養樂多罐在紙箱中之平均最大噪音值

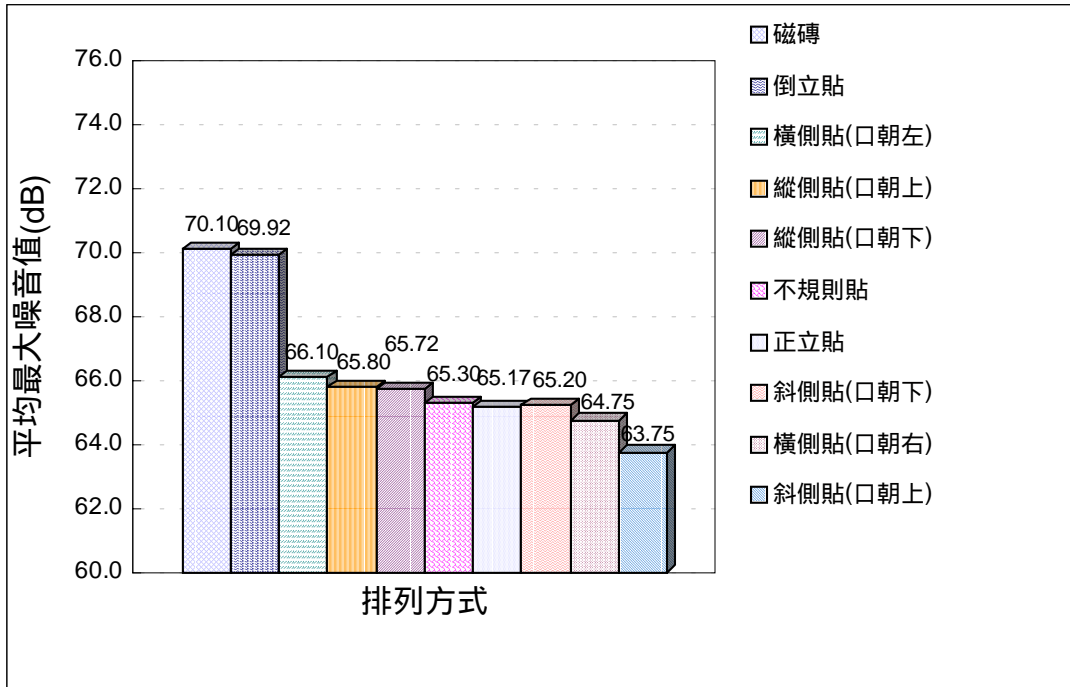


圖 35 各排列組合之牛奶罐在紙箱中之平均最大噪音值



## 柒、討論

### 一、第一階段：

- (一) 從圖 12 可看出各種實驗素材在最大噪音值的比較之下,最小者為養樂多 ( 84.95d B ), 次為牛奶罐, 其次為棉花, 此三者比磁磚 ( 93.30d B ) 小了 8- 5分貝。
- (二) 從圖 13 可看出最低的最大噪音值為養樂多罐 ( 77.15d B ) 之實驗素材, 次為棉花 ( 凹凸面 ), 其次為牛奶罐, 此三者較磁磚 ( 91.80d B ) 低 6- 14分貝。
- (三) 綜合實驗成果, 以環境狀況而言, 木箱的噪音值會比紙箱大, 可見多孔且質軟的裝潢材料應是良好的吸音選擇。
- (四) 各素材中以棉花、養樂多罐及牛奶罐之表現最為優異, 究其原因, 棉花質地軟, 材質疏鬆, 因此吸音效果強, 而養樂多罐及牛奶罐, 可能係因形狀與質地的因素, 產生較多的折射與干擾情形。

### 二、第二階段：

- (一) 就整體而言, 實驗結果顯示 ( 參見圖 14- 35), 紙箱的噪音值與木箱相較, 仍然與第一階段結果雷同, 均小於木箱之噪音值, 足證噪音可藉由多孔且質軟之裝潢材料改善之。
- (二) 由圖 14 及-圖 29 的結果顯示, 牛奶罐的平均最大噪音值大多小於養樂多罐的值, 此可能為牛奶罐材質較養樂多罐來得柔軟之緣故, 可見材質之柔軟度為影響吸音的一個重要因子。
- (三) 不同排列及間距僅橫側貼有共同之規則性, 可參見圖 14- 15及圖 22- 23, 其它貼法則無, 不足以佐証何種排列方式或間距有較佳之吸音效果。
- (四) 在圖 16 及圖 24 中, 我們發現縱側貼的養樂多罐不論在紙箱或木箱中, 其不同排列間距之平均最大噪音值相差不大, 而在圖 26 及圖 27 斜側貼中也有此現象, 其可能係由於近乎封閉的音箱容積太小, 干擾較大之故, 而不足以呈現排列方式不同的影響性。
- (五) 在圖 34 及圖 35 裡, 不同材質的排列組合在紙箱中, 以倒立貼的平均最大噪音值為最大, 幾乎不具吸音效果, 經討論之後認為其反貼之狀況於磁磚表面的平整度是一樣的, 且因為與集音器之距離縮短, 即便材質較磁磚為軟(如牛奶罐), 仍難達到吸音效果。
- (六) 對於原本認為效果應該不錯的不規則的貼法, 實驗結果 ( 參見圖 30、圖 31 ) 除了牛奶罐在木箱中之表現不佳之外, 一般而言尚稱良好。此項因素限於時間尚待進一步研究中。
- (七) 以本次實驗整體來看, 養樂多罐約有 3 % 之吸音率, 牛奶罐約有 6 % 之吸音率, 顯示兩者確實能減低噪音值。而養樂多罐雖然以形狀上略佔優勢, 但實際吸音效果卻不如牛奶罐, 可見材質之柔軟度為影響吸音的一個重要因子。
- (八) 最後實驗音箱與現地狀況並不太相同, 基於平日課程及不定因素太多之考量, 並未能於現地實際實驗, 此乃今後尚須努力之方向。

## 捌、結論

### 一、第一階段：

- (一) 質地柔軟者，吸音效果較佳。
- (二) 質地疏鬆者，亦即多孔性材質吸音效果較好。
- (三) 較粗糙、較不平的表面材料，其吸音效果較優。
- (四) 在木箱及紙箱中，紙杯的不同排列組合之平均吸音率相差不大，由此結果推論出紙杯的不同排列組合對吸音之效果可能較無直接之關聯。
- (五) 環保回收物中，以塑膠製且表面較不平整的材質，較適合拿來做吸音材料。

### 二、第二階段：

- (一) 在校方經費不足的考量下，利用平日飲用完畢待回收的物品，來間接增進學習效果，應值得嘗試。
- (二) 為達減少教室間相互干擾之目的，在考量中之環保素材的選用，以牛奶罐為較佳之選擇。
- (三) 排列方式以開口面向音源，略為疏鬆的排列方法比較恰當。



## 玖、參考資料

1. 休伊特著，陳可崗譯，觀念物理，民 90 年，天下遠見出版社股份有限公司，第 33 頁至第 54 頁。
2. 江哲銘，民 83 年，建築物噪音與振動，胡氏圖書出版社發行，建築情報雜誌社出版。
3. 鄭長聚，環境噪音控制工程，民 84，環境工程叢書之 10，科技圖書股份有限公司。
4. 陳金文，噪音量測與控制技術應用，民 87 年，科技圖書股份有限公司。
5. 張豐丞，民 91 年，木材內裝壁率對室內餘響時間之影響，國立臺灣大學，森林學研究所，碩士論文。

## 評語

091201 高職組土木科 第三名、最佳(鄉土)教材獎

### 吸音大法

利用廢棄物解決教室之噪音，深具環保理念及創意與所習課程亦具相當之關連性，可激發學習興趣與加強實作能力，惟在基本學理之研究部份，須再接再勵，可更完美。