

投稿類別：工程技術類

篇名：

隔音窗 - 平面複層玻璃中間層探討

作者：

黃崇閔。臺北市立松山高級工農。機械三年智班

指導老師：

陳添財老師

胡銘軒老師

## 壹●前言

### 一、研究動機

近年來臺灣民眾因為教育的普及，生活水準的提高，對於居家生活品質提高，面對噪音也是越來越不能忍受；為了因應社會的需求，鋁門窗產業技術急速成長。早期的鋁門窗產業是因為耐腐蝕且不易生鏽等優點而興起，現在面對社會需求，鋁門窗則是因為方便改良使隔音能力不斷進步而讓鋁門窗產業繁榮至今。

這三十年內鋁門窗品牌一一創立，種類也越來越多變，消費者的選擇非常多樣，於鋁門窗上場中，消費者對於隔音窗的需求量越來越大，要求的隔音等級也越來越高。但是現在鋁門窗產業研發已經遇到瓶頸了，在更改結構設計提升隔音等級方面已經接近極限，各品牌設計出的結構越來越雷同，面對現在社會需求主流「隔音」及「節能」，所以業界開始往最大的空洞 - 「玻璃」發展。綜合上述研究者認為隔音窗之複層玻璃有研究的價值。

### 二、研究目的

將查詢出的資料數據相互比較，比較各氣體於複層玻璃中空層氣體填充與隔音及隔熱之關係，並了解為何業界會選擇各氣體來進行填充；由於複層玻璃技術較新穎，大眾對於此項技術尚未完全了解，研究者想釐清複層玻璃與「隔音」及「節能」的關係。

### 三、研究方法

上網查詢資料、查閱書籍及調查業界各品牌公告之資訊，再將得到的數據及資料完整歸納及統合。

### 四、研究設備

名稱	規格	單位	數量
電腦	HP DX7400MT	台	1
複層玻璃	30.4cm x 30.4cm x 5mm+5mm	片	1

## 貳●正文

### 一、噪音對人體的影響

根據資料指出，噪音每上升一分貝，高血壓發病率增加 3%。影響神經系統使人急躁、易怒或失眠等。40 至 50 分貝的聲音會干擾睡眠。60 至 70 分貝會干擾學習。120 分貝以上會導致耳痛，嚴重者導致聽力喪失。

### 二、聲音傳播的原理及傳播

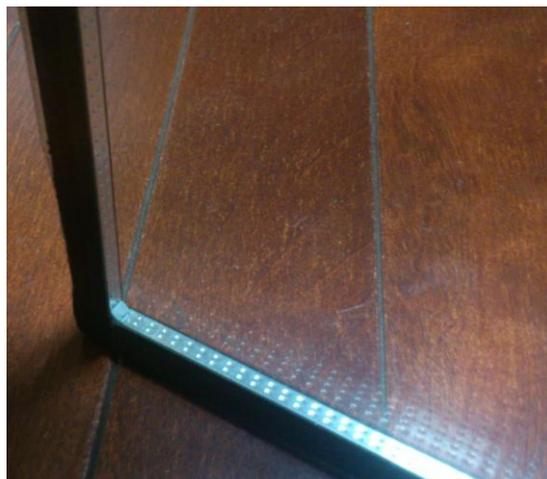
聲音是由震源作震動產生聲波，再經由介質進行傳輸，並傳入人或動物的聽覺器官。震源所產生出的震動，在介質中震動產生疏密相間的縱波，而產生聲波，此聲波會傳輸至能量損耗完畢為止。

音速跟介質的彈性模量及密度有關。彈性模量( $\lambda$ )的定義為單位體積的應力(stress)與應變(strain)之比值  $\lambda \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\text{stress}}{\text{strain}}$ ，彈性模量單位為帕斯卡(Pa)，彈性模量與應力成正比，彈性模量越大應力就會越大使加速度增高，聲音也就會傳的越快。假設彈性模量不變，密度越大使不同應變處之相對加速度損耗越大使得聲音傳的速度更慢。聲波傳輸速度「氣體<液體<固體」。

### 三、複層玻璃簡介



圖(一)樣品複層玻璃



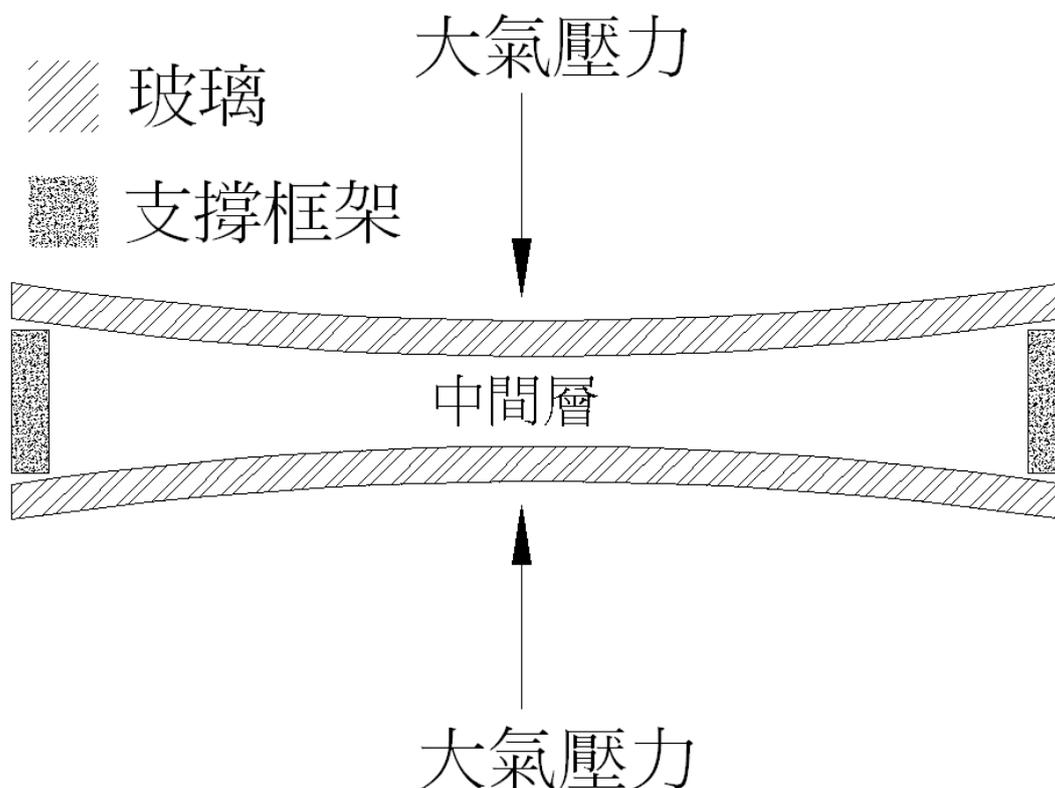
圖(二) 樣品複層玻璃之接角

複層是由兩片玻璃與白金飾條邊框所組成的，兩片玻璃以白金飾條分隔，在兩片玻璃間為中間層，中間層可填充氣體達到隔音及隔熱效果，為了

讓中間層不起霧，所以會在白金飾條空心部分填塞乾燥劑，並藉由飾條頂部透氣孔來進行中間層之空氣乾燥，而不易因內部水氣蒸發產生水珠。

#### 四、平面複層玻璃中間層之真空與中空

根據各品牌鋁門窗業者的公告資料中，發現部分業者有生產平面真空複層玻璃，如業者敘述屬實，那真空複層玻璃必是業界最隔音的複層玻璃，因為聲波的傳輸必定需要介質，如果沒有介質輔助聲波傳輸，那必定不會有聲波的產生。但經由物理推論說法推翻了真空玻璃，如果將複層玻璃的中間層空氣抽出，中間層在真空的情況下沒有壓力，則會導致大氣壓力壓制玻璃，導致玻璃爆裂，因為玻璃硬度高使抗拉強度低，所以玻璃不耐彎曲，才會因為彎曲而破裂，參考圖(三)。因此平面真空複層玻璃是不成立的，所以平面複層玻璃一定要「中空」才可以進行生產。



圖(三)平面真空玻璃示意圖

而業界一品牌所生產的「氣化真空」並非「真空」，氣化真空是經由高溫將複層玻璃中間層之水氣燒乾，所以中間層必有低水分含量之空氣存在，而大氣中地面附近的水蒸氣平均含量約為 1.3%，假設氣化真空後複層玻璃中間層水氣含量僅存 0.1%，代表燒乾 1.2%的水氣，即便乾空氣的傳導速度較濕空氣慢，對於空氣的傳導影響仍然甚小。

### 五、「隔音」與「節能」，複層玻璃之中空層氣體填充

經由化學元素表查詢，選出氣體「氦、氖、氬、氪、氙、氡、氟、氧、氮及氫」，共 11 種氣體。

第一步驟，去除對人體有害及危險氣體；「氦」，具有放射性；「氟」，淡黃色氣體，具有極強腐蝕性，活潑氣體，常溫下不穩定，容易產生化學反應，並劇烈放熱；「氮」，黃綠色氣體，並有刺激性氣味，活潑氣體，具有毒性恐致命；「氧」，高活性氣體；「氫」，極易燃燒。

第二步驟，比較各氣體標準狀況(0°C、100kPa)下的音速，參考表(一)。

性質	氦	氖	氬	氪	氙	氡
密度(g/dm <sup>3</sup> )	0.1786	0.9002	1.7818	3.708	5.851	1.251
導熱率(J·s <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	0.1418	0.0461	0.0169	0.00874	0.00506	0.02583
音速(m/s)	973	433	307.8	213	168	353

表(一)氣體性質表

由表(一)可以得知標準狀況下音速最慢的為氙氣，僅次為氪氣，第三為氬氣。經過數據查證發現氬氣隔音效果最好，但是經資料查詢得知業界普遍填充氣體為「氬氣」與「氪氣」，為什麼呢？因為「價格」，參考表(二)。

氣體	氬氣	氪氣	氙氣
價格(美元/m <sup>3</sup> )	4000 - 5000	400 - 500	2.70 - 8.50

表(二)氣體價格表

由表(二)可得知氬氣價格明顯較便宜，所以業界才會相中這種「便宜又有效的氣體，『氬氣』」。

前面所提到業界普遍填充氣體為「氬氣」與「氪氣」，那為什麼會使用氪氣呢？在資料查詢後得知使用氪氣是為了「隔熱」，若達到隔熱效果降低室內溫度或減緩室內溫度升高，將會提升節能的結果，並有機會提高產品的售價，達到更高的經濟效益。氣體隔熱效果的好與不好是根據氣體導熱率( $k$ )

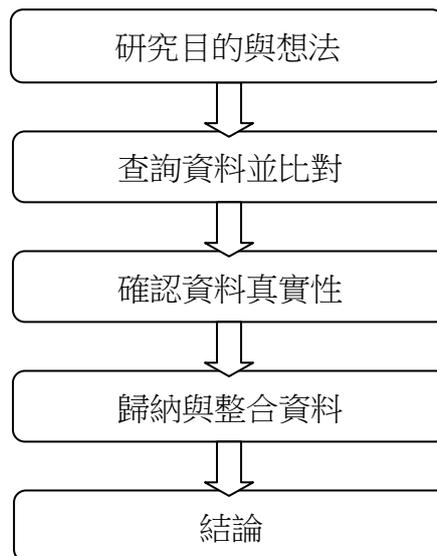
來證明， $A$ 為導熱體的截面積， $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ 為單位時間內所傳達的熱量， $x$ 為兩熱源間的導熱體厚度， $\Delta T$ 為溫差， $k = \frac{\Delta Q}{A \Delta t} \frac{x}{\Delta T}$ 可以轉換成

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{A \Delta t} \times \frac{1}{k}$$

，所以可以推論出在  $A$ 、 $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  及  $x$  這三個數值不變的情

況下，導熱率( $k$ )的倒數值越大溫差值就會越大，所以隔熱效果就會越好；根據公式推論發現氬氣的隔熱效果比氮氣好，因為氬氣的導熱率之倒數值比氮氣的導熱率之倒數值大，所以氮氣比較隔熱說法是不成立的。

## 六、研究步驟



## 參●結論

### (一) 經由研究的發現

研究者發現複層玻璃與物理和化學有著密不可分的關係。經由研究複層玻璃之相關原理來驗證，發現部分業者有廣告不實之內容及誘騙消費者之字詞，以至於消費著受騙。

研究者的父親為鋁門窗業界研發人員，研究者於年幼時已於工廠開始接觸鋁門窗加工，所以研究者對於鋁門窗產業也有一定的了解程度。鋁門窗業者普遍填充氮氣來進行隔熱，可是經由研究我才發現氬氣的隔熱效果比氮氣好，研究者覺得業者不填充氬氣的原因有兩種；第一種，計較成本，雖然氬氣與氮氣一樣都是比較便宜的氣體，但是氮氣的價格還是比氬氣低 4%~7%；第二種，對於氮氣的迷思，因為鋁門窗業界人員平均學歷並不高，較無法做出完整的研究，只能靠口耳相傳及互相交流等方式來進行研發及測試，雖然有達到研發目的，但不見得是最好的方法。

經過研究研究者覺得最好的複層玻璃填充氣體是「氬氣」，因為氬氣的價格低廉且容易取得，填充過程並不困難，不需要高技術性操作人員，只需要強化操作人員的安全概念即可操作；在加工成本較低的情況下又能達到「隔音」與「節能」的效果，達到的效益會是最高的。

## (二) 遭遇到的問題與解決方法

現今研究鋁門窗相關資訊的人員並不多，市面上的廣告琳瑯滿目，廣告常常說得天花亂墜，幾乎沒有參考文獻，所以研究內容追根究柢重頭查起，面對各式各樣之前從沒接觸過的原理及公式只能不斷的思考，若是與力學相關之原理及公式可以與老師互相研究，並尋找出研究結果。

因為四技二專統一入學測驗的逼近，能準備本篇小論文的時間極少，所以研究者採用國家圖書館查詢系統及較知名的網路百科全書「維基百科」查詢大部分的原理及公式，而複層玻璃製作及市場部分則是查詢鋁門窗業界各公司公告之資料，並藉由這兩種方式在最短的時間內獲取最多的資料，一來效率很高，二來本篇小論文的內容錯誤率降低，達到最高效益。

由於範圍略廣，所以需要查詢的資料非常的多，必須要有堅強的歸納及統合能力，才能將查詢到的資料串連起來，使本篇小論文具有連貫性，不易混淆閱覽者。

## 肆●引註資料

圖(一)、圖(二)、圖(三)。自行拍攝。

朱文松(2009)。通風隔音窗隔音性能之研究。高苑科技大學建築研究所。

余燕慧(2007)。台灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適。國立臺灣師範大學地理學系在職進修碩士班。

柯婷榕(2012)。環境保護協定應用於營建噪音導致環境破壞處理之研究。國立中央大學營建管理研究所。

陳春裕(2009)。探討台灣地區建築節能玻璃之應用與發展。長庚大學碩士班。

李榮華(2011)。機械力學 II。龍騰文化事業股份有限公司。

中原大學物理系(2001)。強迫震盪與共振。2013年3月19日，取自  
[http://www.phys.cycu.edu.tw/~choucl/GPhysics/gen\\_phys/fo.php](http://www.phys.cycu.edu.tw/~choucl/GPhysics/gen_phys/fo.php)

安固麗企業股份有限公司(2007)。氣化真空。2013年3月19日，取自  
<http://www.stp.com.tw/tech1.html>

維基百科(2013)。聲音。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A3%B0%E9%9F%B3>

維基百科(2013)。共振。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%B1%E6%8C%AF>

維基百科(2013)。波。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%A2>

維基百科(2013)。空氣動力學。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E5%8B%95%E5%8A%9B%E5%AD%B8>

維基百科(2013)。玻璃。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%8E%BB%E7%92%83>

維基百科(2013)。音速。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9F%B3%E9%80%9F>

維基百科(2013)。彈性模量。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BD%88%E6%80%A7%E6%A8%A1%E9%87%8F>

維基百科(2013)。氦。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A6>

維基百科(2013)。氖。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%96>

維基百科(2013)。氩。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AC>

維基百科(2013)。氮。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AA>

維基百科(2013)。氙。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%99>

維基百科(2013)。氦。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A1>

維基百科(2013)。氟。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%9F>

維基百科(2013)。氬。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AF>

維基百科(2013)。氧。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7>

維基百科(2013)。氖。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AE>

維基百科(2013)。氫。2013年3月19日，取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%AB>

維基百科(2013)。惰性氣體。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%83%B0%E6%80%A7%E6%B0%A3%E9%AB%94>

維基百科(2013)。導熱率。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AF%BC%E7%83%AD%E7%8E%87>

維基百科(2013)。空氣。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E6%B0%A3>

維基百科(2013)。水蒸氣。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E6%B0%A3>

維基百科(2013)。標準狀況。2013年3月19日，取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A8%99%E6%BA%96%E7%8B%80%E6%B3%81>