

屏東縣第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：渦流冷不冷

關鍵詞：渦流、冷凝、馬克士威

編號：B2004

目錄

摘要	-----	1
壹、前言	-----	1
貳、研究設備及器材	-----	4
參、研究過程或方法	-----	5
肆、研究結果	-----	6
伍、討論	-----	12
陸、結論	-----	12
柒、參考資料及其他	-----	13

摘要

本實驗在研究工業中常見冷卻用具——渦流管，以改變管長、進氣口壓力及進氣口數量，測試出在怎樣的條件下，壓縮氣流經過分流後，會產出最大效率。本實驗是以 PVC 水管及經過設計後以 3D 列印出的冷熱端，組合後，做出簡易的渦流管。

我們在做出實驗後得出以下結論

- (1)壓力上升溫度差會更明顯
- (2)長度 16cm 為效果最差的
- (3)長度 12cm、20cm 隨著壓力呈上升趨勢線
- (4)冷端溫度效果:2 孔>4 孔>6 孔

壹、前言

一、研究動機

有一天在看 youtube 的時候，偶然看到了一位知識性 youtuber 在介紹渦流管，頓時讓我有興趣，隔天就將此項實驗跟老師討論與研究，因為我們不會 CNC，所以我們改成以 PVC 水管做主體，加上經過設計過的冷熱端，以剛學到的 3D 列印技術做出，最後兩者結合做出簡單的渦流管。

二、研究目的

- (一) 了解為何只需將氣體加壓後溫度會降低?
- (二) 了解渦流管會在生活中那些地方出現?
- (三) 了解壓縮氣體為何經過分流後產生的兩團氣體，會有溫度差?

三、文獻探討

(一)歷屆科展作品

渦流管的應用及研究	第 56 屆中小學科展	作者: 鄭廷威 鄭楠清 卓育賢
<p>現今的加工產業逐漸朝向微小加工，在目前有屑加工過程中，會使用切削劑來冷卻及潤滑刀具及工件為其優點，然而切削劑在使用時，其切屑易黏致於加工表面及刀具上，再加工會造成刀具壽命降低和加工面表面粗糙度不佳以及環境的汙染。本實驗是利用渦流管的原理及其製冷的特性應用在 CNC 銑床加工，來取代加工時使用之切削劑。首先，本研究設計不同的材質、噴嘴、孔板及渦流管長度等參數，探討其製冷效果，研究發現材料以鋁材、噴嘴及孔板數為 5 個及渦流管長度 200mm 有最佳之製冷效果。在現今綠能意識高漲及加工微小化的工業，渦流管將是未來工業科技中的一部分。</p>		

神奇的渦流管	內湖高工	作者: 彭志傑 黃奕鈞 簡士晞
<p>在工程上做很多事情都會產生發熱如鑽孔、車床、焊接...等等，需要冷卻，往往都需要用到冷卻器之類的有水冷式有、氣冷式，有的還需要用到冷媒對大氣層有傷害。上網發現了渦流管只要加入高壓氣體就可以產生渦流達到冷卻的效果，我們每次同管處理焊接完都要將成品冷卻，都是用水直接做冷卻容易造成脆化或是表面不好看，我們想如果用渦流管來冷卻會不會比較好，所以就開始研究渦流管。</p>		

(二)實驗原理：

渦流管冷凝是一種熱交換技術，通過渦流管（Vortex Tube）產生的高速旋轉氣流來實現冷卻效果。

當高速旋轉的氣流通過渦流管時，會產生離心力。根據離心力作用的原理，氣體在經過渦流管時會分成兩部分，一部分氣體從中心向外繞行，另一部分氣體則從外部向中心繞行。(如下圖)







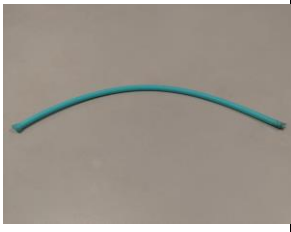

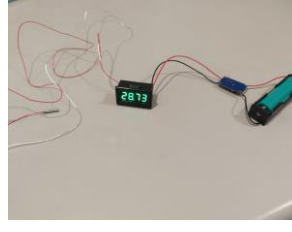

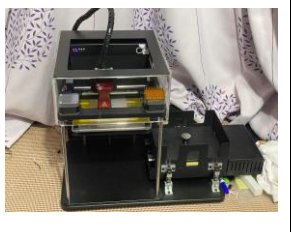



在這個過程中，繞行向外的氣體會帶走大部分的熱量，形成冷氣流，繞行向內的氣體則帶走了剩餘的熱量，形成熱氣流。這樣，我們就可以通過調節渦流管的氣體流量和壓力來控制冷氣流和熱氣流的比例，從而達到冷卻的效果。

渦流管冷凝具有體積小、重量輕、無震動、無噪音、無污染等優點，因此被廣泛應用於冷凍、空調、機床、電子、化工等領域。

貳、研究設備與器材

實驗器材：

			
PVC 水管	止洩帶	水管剪	游標卡尺
			
捲尺	PLA	pp 塑膠軟管	板手
			
溫度計	空壓機	3D 列印機	氣動快速接頭

參、研究過程

一、實驗流程

1. 實驗用品製作：

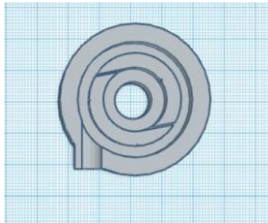
- (1) 利用 3D 繪圖軟體繪製冷端與熱端模型
- (2) 用 3D 列印將繪製好的模型製作出來
- (3) 將 PVC 各自裁剪成所需長度
- (4) 將 PVC 水管與冷熱端組裝，並連接至空壓機

2. 實驗過程：

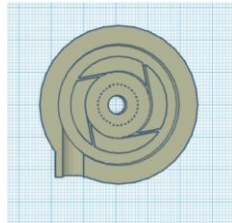
(1) 將空壓機打開，使渦流管開始作用

【註】我們將空壓機開啟一點跟直接全開，冷端溫度皆會下降，兩者差別為溫度下降發生時間不同，即持續時間不同。

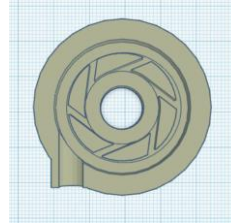
(2) 分析數據，找出冷端溫度在怎樣的情況下會下降。



圖一(6 個進氣孔)



圖二(4 個進氣孔)

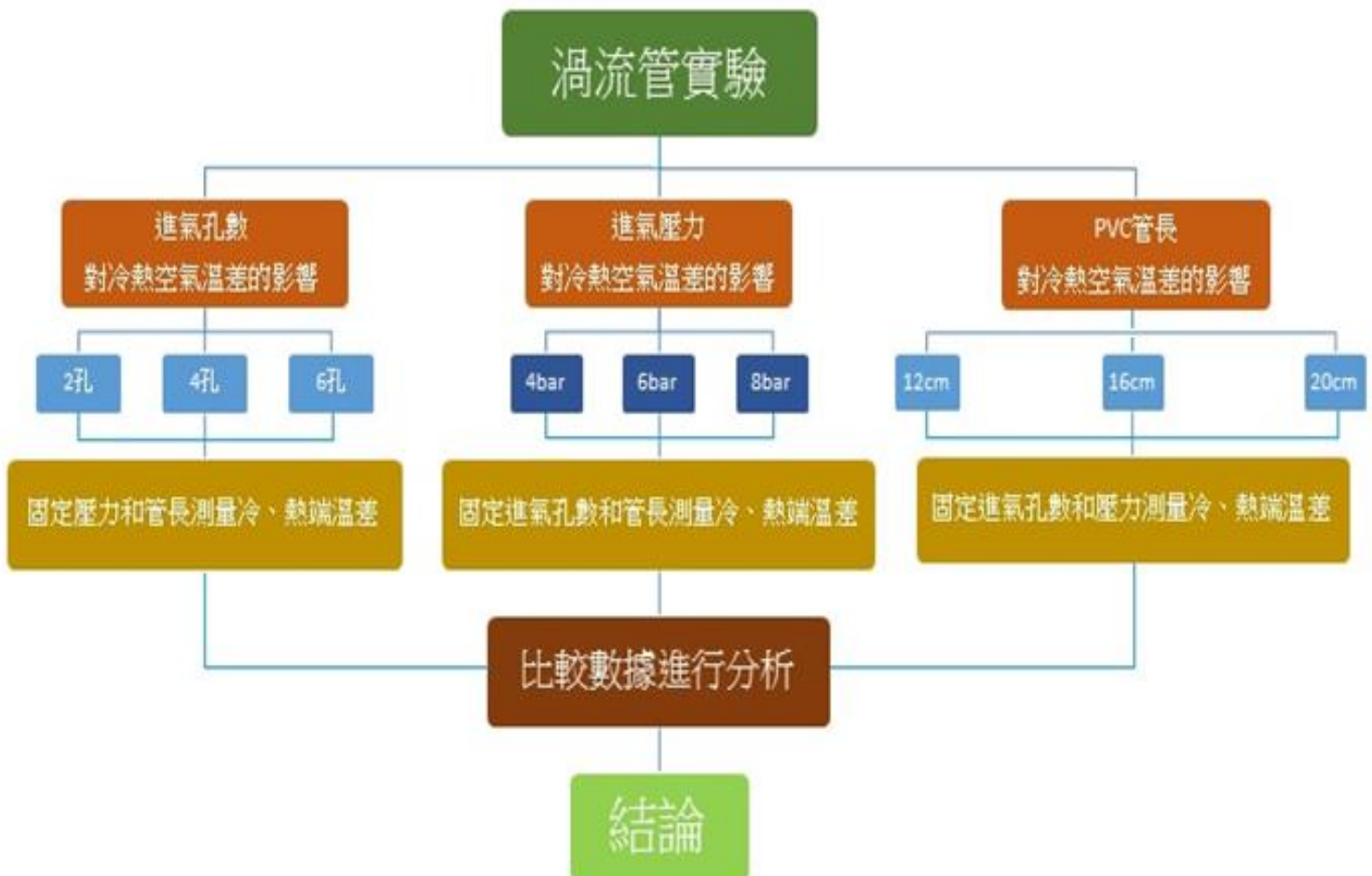


圖三(2 個進氣孔)



圖四(自製渦流管)

3. 實驗流程圖：



肆、研究結果

一、進氣孔:2 孔；壓力: 8bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	12.90	34.89	15.50	33.53	7.80	31.10
第二次	12.10	35.38	14.70°C	29.74	6.10	31.54
第三次	12.50	34.38	15.60°C	33.60	8.10	32.50
平均溫度	12.50	34.88	15.27°C	32.29	7.33	31.71
平均溫差	22.38		17.02		24.38	

(表一)

二、進氣孔:4 孔；壓力: 8bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	20.60	36.16	20.80	39.94	12.60	33.17
第二次	23.00	39.48	19.60	39.43	15.30	35.50
第三次	20.00	34.53	20.00	42.43	14.00	39.84
平均溫度	21.20	36.72	20.13	40.60	13.97	36.17
平均溫差	15.52		20.47		22.20	

(表二)

三、進氣孔:6 孔；壓力: 8bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	14.80	29.20	20.40	33.68	19.00	34.40
第二次	13.80	27.00	20.10	33.78	19.00	30.00
第三次	12.20	28.90	20.20	33.40	17.40	30.40
平均溫度	13.60	28.37	20.23	33.62	18.47	31.60
平均溫差	14.77		13.39		13.13	

(表三)

四、進氣孔:2孔；壓力: 6bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	20.20	35.46	18.40	32.97	22.00	34.58
第二次	19.40	34.76	18.60	36.11	24.00	35.02
第三次	20.70	35.23	19.60	37.70	20.60	33.84
平均溫度	20.10	35.15	18.87	35.59	22.20	34.48
平均溫差	15.05		16.73		12.28	

(表四)

五、進氣孔:4孔；壓力: 6bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	19.70	32.72	21.60	32.31	20.50	34.00
第二次	19.10	35.75	21.80	33.94	18.50	32.91
第三次	21.00	36.55	22.40	34.84	19.10	34.58
平均溫度	19.93	35.01	21.93	33.70	19.37	33.83
平均溫差	15.07		11.76		14.46	

(表五)

六、進氣孔:6孔；壓力: 6bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	20.50	32.18	19.40	33.19	18.60	33.20
第二次	20.20	34.40	19.60	33.14	17.70	32.78
第三次	19.80	33.81	19.50	33.22	18.10	31.67
平均溫度	20.17	33.46	19.50	33.18	18.13	32.55
平均溫差	13.30		13.68		14.42	

(表六)

七、進氣孔:2孔；壓力: 4bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	21.60	33.82	21.20	35.20	22.10	33.94
第二次	21.90	34.42	21.20	35.38	22.10	35.27
第三次	21.80	33.96	21.70	35.00	22.90	34.74
平均溫度	21.77	34.07	21.37	35.19	22.37	34.65
平均溫差	12.30		13.83		12.28	

(表七)

八、進氣孔:4孔；壓力: 4bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	20.80	32.60	23.70	32.88	19.50	33.04
第二次	21.30	33.81	24.60	32.98	21.70	29.79
第三次	22.00	33.32	24.60	32.88	22.20	31.34
平均溫度	21.37	33.24	24.30	32.91	21.13	31.39
平均溫差	11.88		8.61		10.26	

(表八)

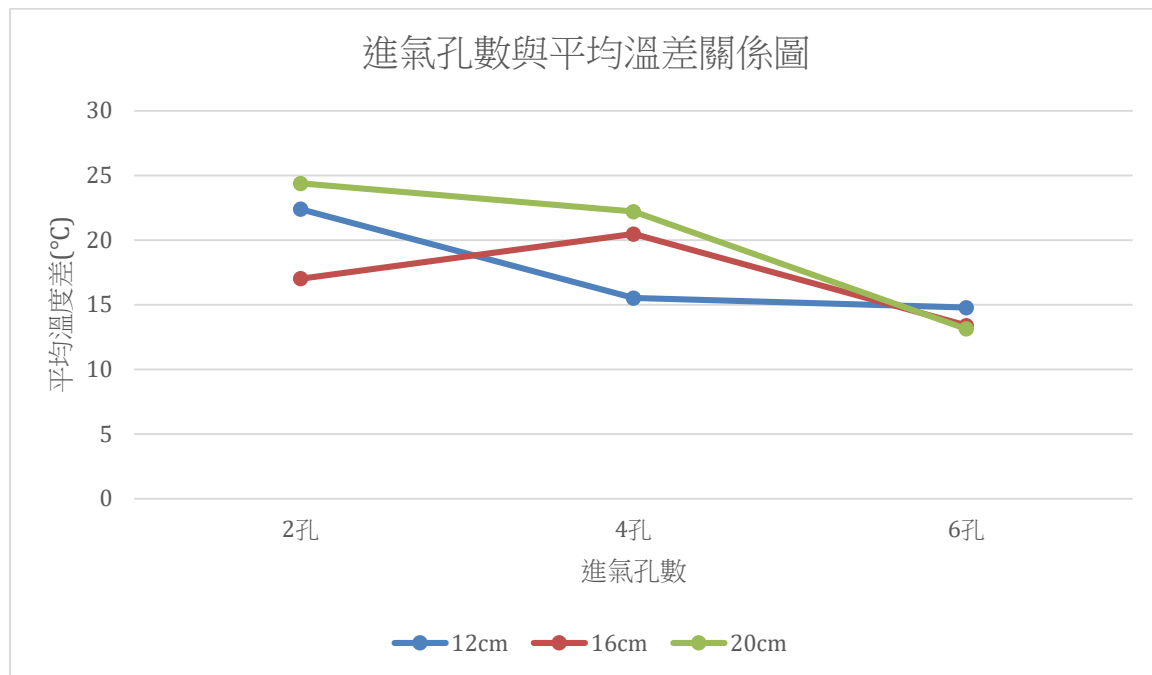
九、進氣孔:6孔；壓力: 4bar

長度	12cm		16cm		20cm	
冷熱端溫度	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)	冷端(°C)	熱端(°C)
第一次	21.50	29.89	21.90	31.03	19.30	30.25
第二次	24.50	29.97	22.40	29.00	20.60	33.76
第三次	22.00	28.63	23.00	31.32	21.00	31.52
平均溫度	22.67	29.50	22.43	30.45	20.30	31.84
平均溫差	6.83		8.02		11.54	

(表九)

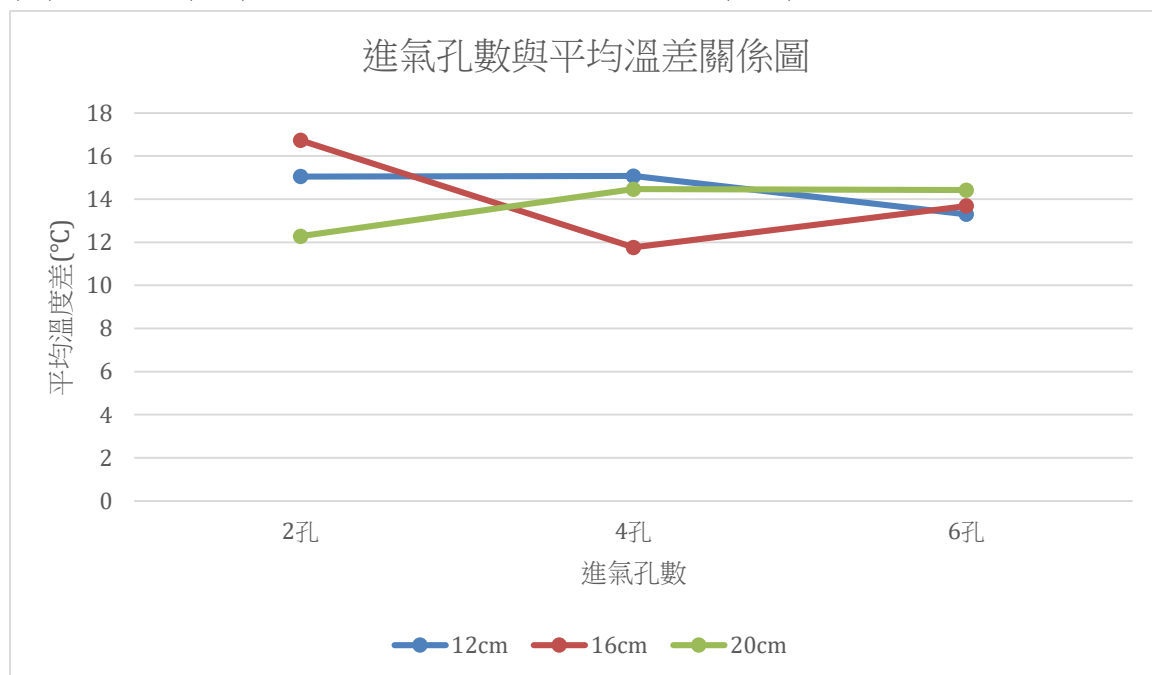
四、圖表整理

(一) 固定壓力(8bar)，不同進氣孔數與平均溫差的關係圖(圖五)



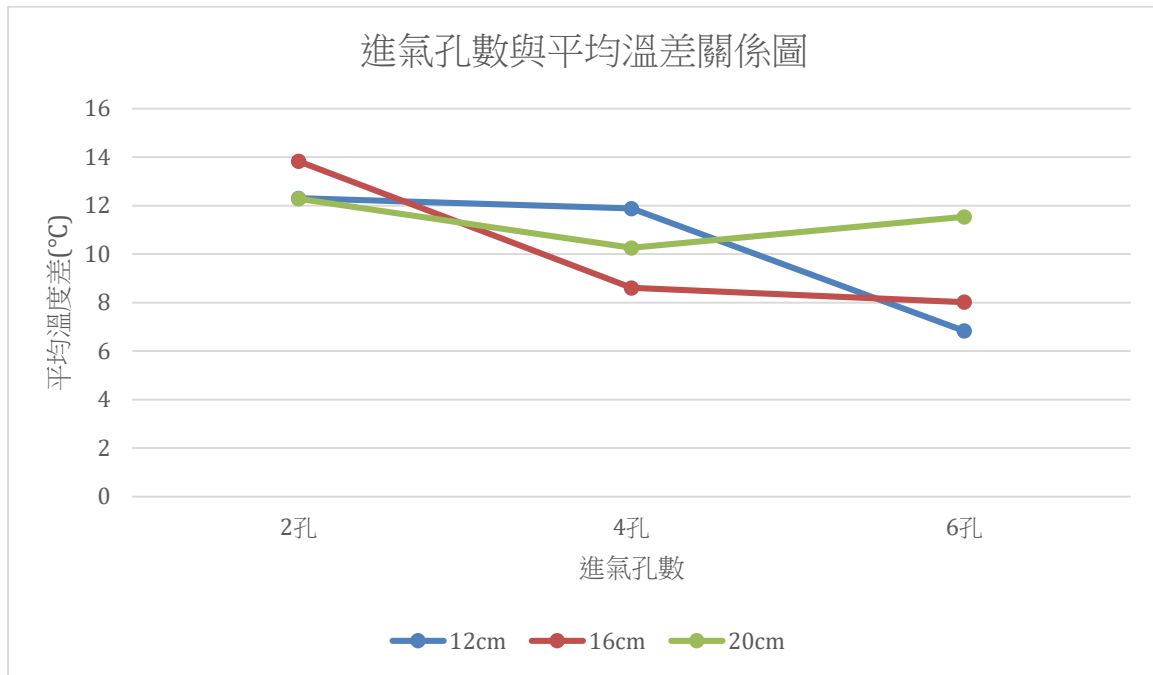
(圖五)

(二) 固定壓力(6bar)，不同進氣孔數與平均溫差的關係圖(圖六)



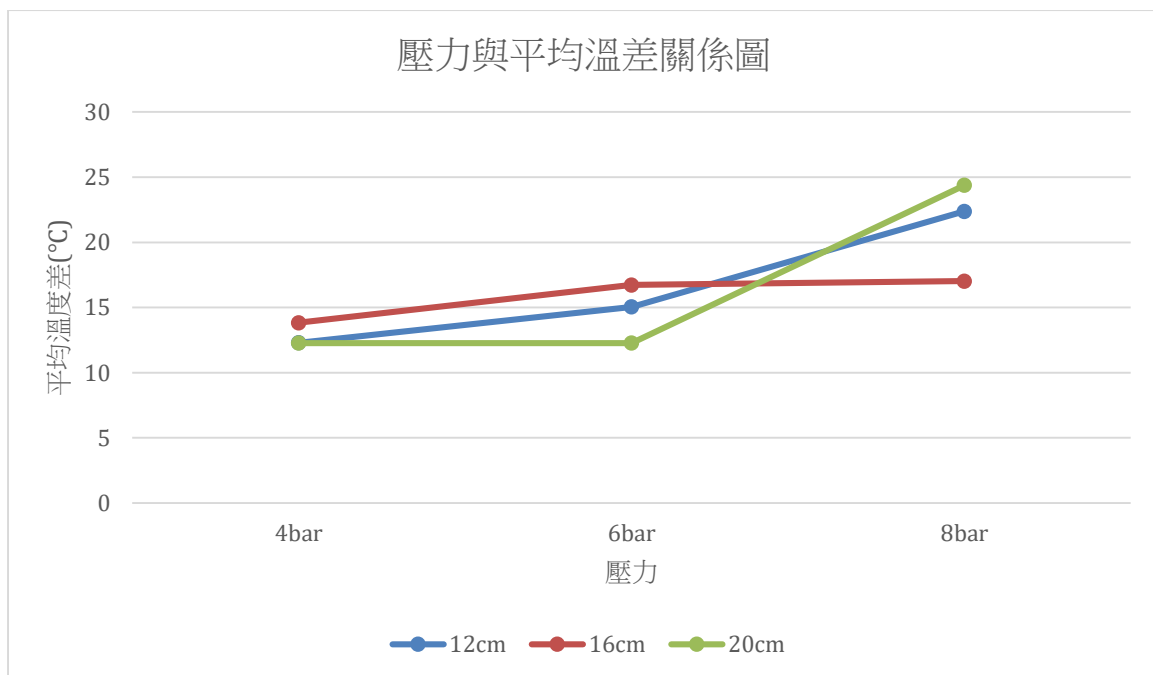
(圖六)

(三) 固定壓力(4bar)，不同進氣孔數與平均溫差的關係圖(圖七)



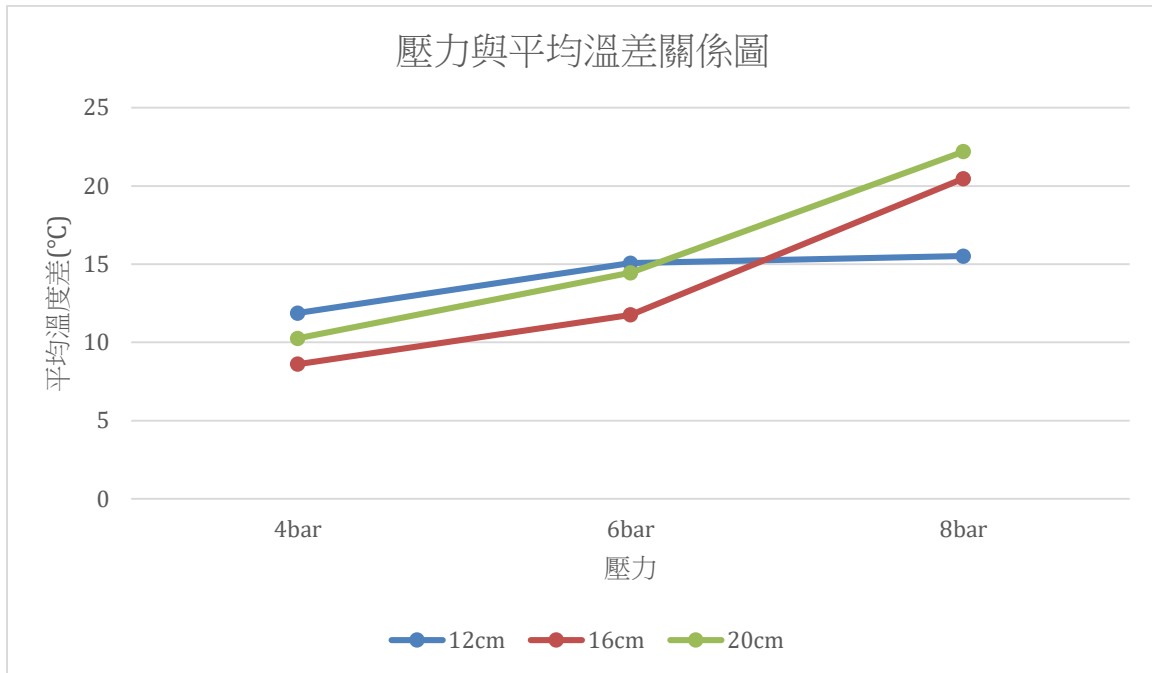
(圖七)

(四) 固定進氣孔數(2孔)，不同壓力與平均溫差的關係圖(圖八)



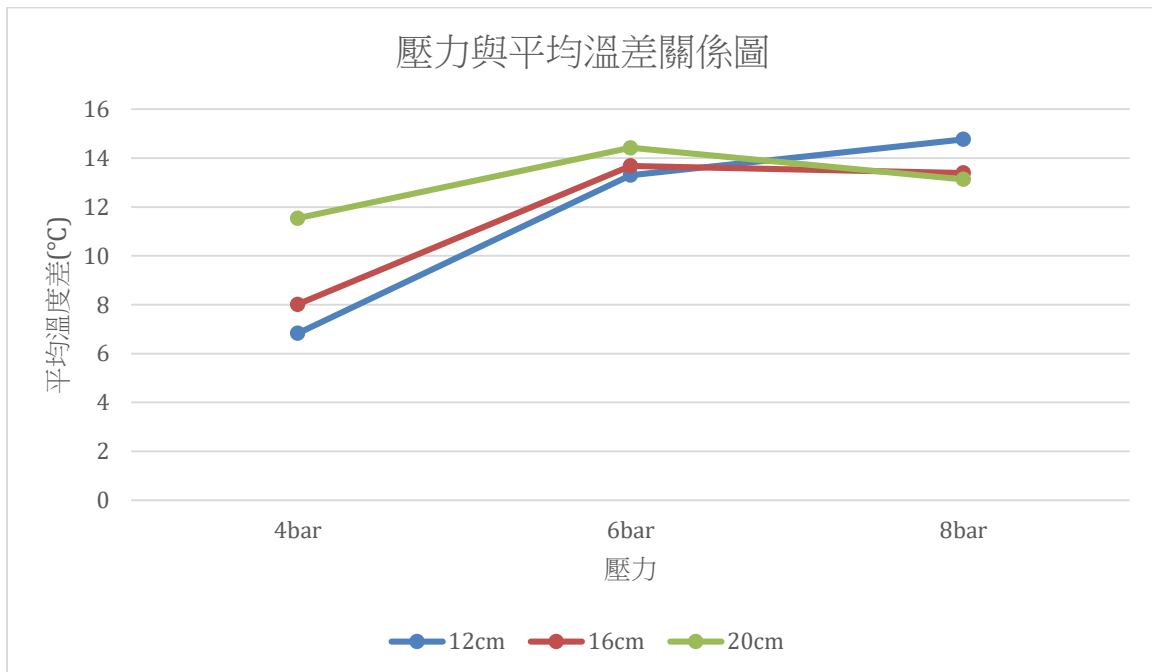
(圖八)

(五) 固定進氣孔數(4 孔)，不同壓力與平均溫差的關係圖(圖九)



(圖九)

(六) 固定進氣孔數(6 孔)，不同壓力與平均溫差的關係圖(圖十)



(圖十)

伍、討論

- 一、剛開始製作的時候，我們是採用影片所教的，以鑽孔完成渦流室，後來我們發現，這樣的成效很差，幾乎為零，可能是我們鑽孔方式錯誤，導致氣體進入PVC管時沒有形成渦流效果。後來我們採用3D列印製作，這樣能大幅減少手工鑽孔的誤差，經過測試後，數據變的比較穩定，且冷端溫度下降也更為明顯。
- 二、我們曾嘗試使用一般充氣用的鼓風機，但壓力不足時冷熱端溫差不到1°C，可見並沒有產生冷熱空氣分離的渦流。
- 三、空壓機的壓力足夠，產生渦流的效果好。但我們使用的空壓機容量有限，約1分鐘後風速和壓力就會明顯衰減，所以不知實驗結果是否已是最佳，未來希望能有完整設備可以測試。
- 四、而空壓機每測完一次數據，就必須再等待其重新充氣，造成實驗效率不佳，看是否有更佳理想的風源供應系統來進行實驗。

陸、結論

- 一、不論進氣孔數為多少，壓力上升平均溫差也會有顯著的上升，表示壓力越大越容易形成渦流。
- 二、而PVC管長對於平均溫差造成的影響並不明顯。
- 三、所有實驗數據中，以2個進氣孔+管長16cm的組合平均溫差是最差的。而2個進氣孔+管長20cm的組合冷端平均溫度最低，製冷效果最佳。
- 四、比較所有實驗數據，6個進氣孔的平均溫差效果是最穩定的，又以12cm的管長為最佳。

柒、參考資料及其他

- 一、佑來了（2021 年 9 月 17 日）。【Fun 科學】惡魔急凍管(只要把空氣灌進去就瞬間變冷!!)。2022 年 3 月 18 日 <https://www.youtube.com/watch?v=syu6SM7X8yU&t=619s>
- 二、Wikipedia(無日期)。Maxwell's demon。2022 年 3 月 13 日
https://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell%27s_demon?fbclid=IwAR297co9Ygc4TCVUrKkeKh7Ob0eSuk-AYNnBcQQnV1LW0qz1-VQwPPanypU
- 三、Vortec(無日期)。How Do Vortex Tubes Work Video。2022 年 3 月 18 日
<https://www.vortec.com/vortex-tubes-video>
- 四、Harvhammas（2017 年 1 月 14 日）。渦流管（設計圖紙）。2022 年 3 月 16 日。
<https://www.thingiverse.com/thing:2023403>
- 五、王曉剛（2020 年 1 月）。流體力學究竟在說什麼？。2022 年 3 月 28 日
- 六、費曼、雷頓、山德士（2011 年 8 月 31 日）。費曼物理學講義 I—力學、輻射與熱（5）熱與統計學。2022 年 3 月 28 日