

屏東縣第64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：火神的眼淚—探討熱空氣在工廠廠區中的傳播

關鍵詞：熱空氣、熱對流、火災

編號：B2010

目錄

摘要	P1
壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)	P2
貳、研究設備及器材	P4
參、研究過程或方法	P5
肆、研究結果	P10
伍、討論	P25
陸、結論	P27
柒、參考資料及其他	P29

摘要

本研究參酌法規訂定的工廠建置消防規準，利用鐵板設置等比例縮小之模擬鐵皮廠房，觀察廠區內若是發生火災其熱傳播效果。在風場實驗數據中顯示，位於屋頂的點位溫度普遍較高且在風速較弱時熱傳播較為有限，但在風速過強時熱空氣幾乎被吹散。而不同廠房位置的實驗中，相對距離遠的廠房溫度傳遞幾乎只能靠著熱對流，而位置近的廠房熱輻射傳遞明顯。廠房數量減少會導致火源廠房周圍溫度提高。在起火點實驗，離火源最近的廠房溫度升高較快，下風處溫度上升更為明顯。研究揭示了**外源風場**、**廠房佈局**、和**起火位置**對熱空氣傳播的影響，為工廠設計和安全規劃提供了重要資訊。這些結果有助於優化工業環境，並提高安全性。

壹、前言

一、研究動機

長久以來，火災就一直是人們十分關心的議題，因為它不僅會造成人民財產的損失，更可能危及人類的生命安全。近年來消防議題影視劇—火神的眼淚，以及屏東明揚工廠大火造成數名消防員殉職，再度引發大眾對於火場救災SOP流程與實務面如何安全救災的重視。

以救火工作而言，溫度是消防員判斷能否進入火場救火的重要依據，然而現行判斷火場溫度的主要方式，仍然以觸碰門把這類熱傳導形式檢核室內溫度是否已過高，當作第一時間進場救災的基準。已知熱傳播分為傳導、對流及輻射，過往消防重大意外事故，其實往往來自於熱空氣所帶有的潛熱，以及火場開門湧入空氣(助燃物)所帶來的氣爆。有鑑於此，如何準確掌握「空氣溫度」及其分佈顯然是一個重要的議題。本團隊認為如果能知道火場熱空氣分布狀況搭配廠區環境條件，可能有助於推知起火點以及火勢擴散方向，進而成為消防救災評估的理論基礎，避免消防員評斷失準而貿然涉入高風險區域。

基於上述問題需求，我們嘗試先探討如何測量測熱對流，接著嘗試追蹤這些熱空氣如何對流擾動。而在特定系統環境中的熱對流，除了國中學過的熱空氣上升、冷空氣沉降以外，外界風向及風力強度儼然是最直接且顯著的影響因素，它們不但會影響溫度的分布，也直接牽涉到火勢的蔓延。考量到空氣流體力學等議題在國中階段課程尚未提及，相關科展研究著墨有限。因此，我們期盼用比較直觀簡易的量化方式，探討熱的對流及影響其對流方向的因素。

二、研究目的

本研究旨在探討不同因素對熱對流的影響。首先，我們必須探討如何做出與現實中相似的模式屋，以模擬現實中的熱傳播情形。然後在模式屋外部，提供特定風速的風力，審視熱傳播的動線，以做為後續實驗的參照基準。接著，我們將探討不同風力、風向、起火點燃燒位置、及廠區內廠房彼此間相對位置，對於熱傳播的影響。希望可以應用在消防隊的救火工作，以達到使消防工作更安全及保險的效果。

具體研究項目茲條列如下：

- (一) 建置與現實中比例相似的模式屋。
- (二) 探討不同風力強度對熱空氣在模式屋室內及室外的傳播的影響。
- (三) 探討不同風向對熱空氣在模式屋室內及室外的傳播的影響。
- (四) 探討廠房之不同擺放位置對熱空氣在模式屋室內及室外的傳播的影響。

(五) 探討廠房之不同廠房數量對熱空氣在模型屋室內及室外的傳播的影響。

(六) 探討不同起火點對熱空氣在模型屋室內及室外的傳播的影響。

三、文獻回顧

(一)本生燈：本生燈的燃燒溫度可達1500°C [8]，而鐵皮屋火災的溫度在1200°C以上[9]，本生燈火源穩定，且可控制火焰大小，因此本研究選用本生燈作為實驗模擬熱源，以達到符合實驗模擬及滿足控制變因的目的。

(二)蒲福風級：為英國科學家法蘭西斯·蒲福（Francis Beaufort）根據風對陸上物體或海面的影響程度而定出的風力等級。將風力強弱劃為0至12級，共13個等級。此分級為目前世界氣象組織所編列的分級[10]。實驗模擬中，我們採用中央氣象署資料，以屏東縣之風力等級為基準，最小為1級，最大為7級。因此實驗中採取1級、7級及中央平均值4級來做為實驗風力模擬依據。







(三)熱對流：對流傳熱，又稱熱對流，是熱傳播的三種方式之一，是指由於流體的宏觀運動而引起的流體各部分之間發生相對位移（對流），冷熱流體相互摻混所引起的熱量傳遞過程。熱對流可分為強迫對流和自然對流。強迫對流，是由於外界作用推動下產生的流體循環流動。自然對流是由於溫度不同密度梯度變化，重力作用引起低溫高密度流體自上而下流動，高溫低密度流體自下而上流動。

(四)工廠失火蔓延原因：工廠失火時，火災可以通過多種方式傳播。下列是經整理出可能的傳播方式：


- 1.直接傳播：火勢在原地蔓延，燃燒工廠內的物質，例如原材料、成品或儲存的物品。
- 2.空氣傳播：火災中釋放的熱能將煙和煙氣推向空中，這可能導致空中懸浮的微粒蔓延，擴大火災範圍。
- 3.火花和飛火：在火災中，火花和火星可能被風吹到其他地方，引發新的火災。
- 4.液體擴散：工廠中可能存放有易燃液體，一旦火災爆發，這些液體可能流動到其他區域，引發新的火災。經參考文獻發現火的蔓延與空氣有極大的關係。
- 5.輻射傳播：高溫和熱輻射能夠使周圍的物體變得易燃，導致火災擴大。

貳、研究設備及器材

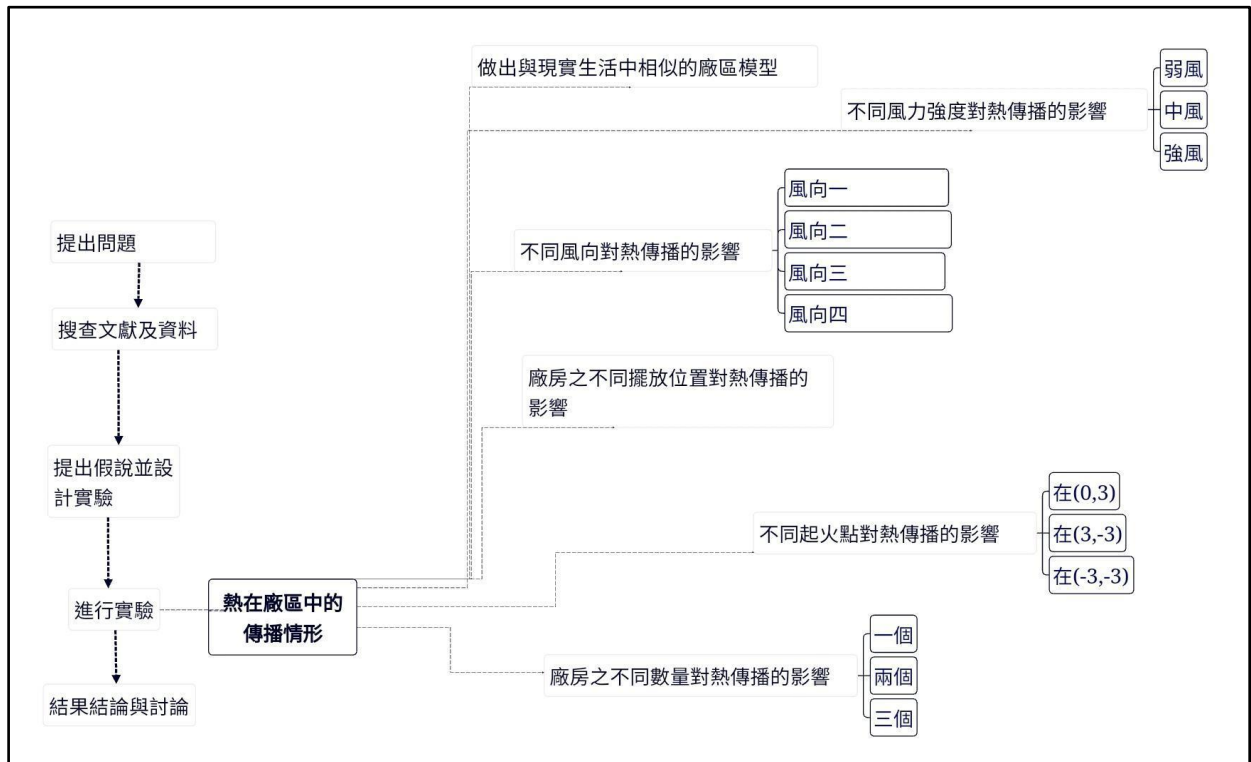
一、設備

設備	酒精溫度計	集風裝置 (以粗吸 管組裝之 自製風 管)	本生燈	風扇	廠房模型	風速計	紅外線測 溫槍
圖片							

二、材料

材料	鐵片	廠房模型 設計圖	金紙	瓦斯罐
圖片				
材料	角鋼	長尾夾	手套	
圖片				

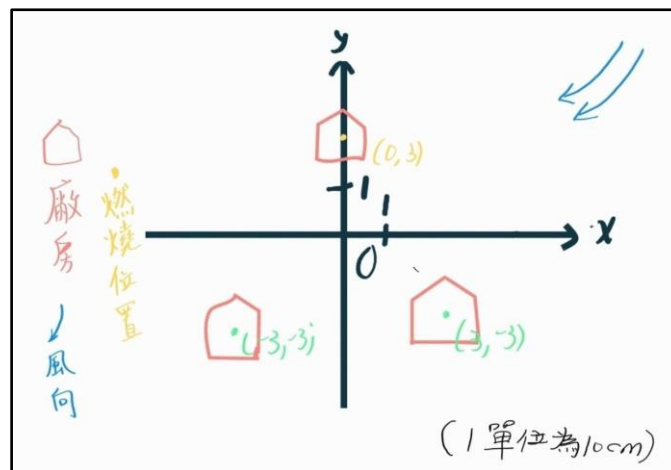
參、研究過程與方法



研究架構圖

實驗一：廠房模型的製作

- 步驟一：上網搜尋有關廠房大小、比例、廠房間距的相關法律。
- 步驟二：畫出廠房模型的初步設計圖。
- 步驟三：向鐵工廠訂製鐵片（含12塊 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 的鐵片及 6塊 $30 \times 35.4 \text{ cm}^2$ 的鐵片）。
- 步驟四：燃燒金紙，並以紅外線測溫槍量測溫度，選擇適合固定廠房的材料。
- 步驟五：將角鋼置於接縫處，並以鐵夾夾住固定，製作出三幢廠房模型。
- 步驟六：繪製廠區配置圖如下（本裝置同樣適用於 實驗二、六）。



實驗二：探究不同的風力強度對熱在室內室外傳播的影響

步驟一：利用氣象署資料之屏東最大、最小蒲福風級訂定風速分別為1m/sec(蒲福風級1級：0.3m/sec~1.5m/sec)、6.5m/sec(蒲福風級4級：5.5m/sec~7.9m/sec)、15.5m/sec(蒲福風級7級：13.9m/sec~17.1m/sec)，並吹風吹入廠區模型，並且在風扇前架設集風裝置將風扇吹出的風均勻吹入模型中。

步驟二：開啟電風扇，在廠區模型中點燃本生燈，並每8秒添加重量總和為10公克重的金紙。

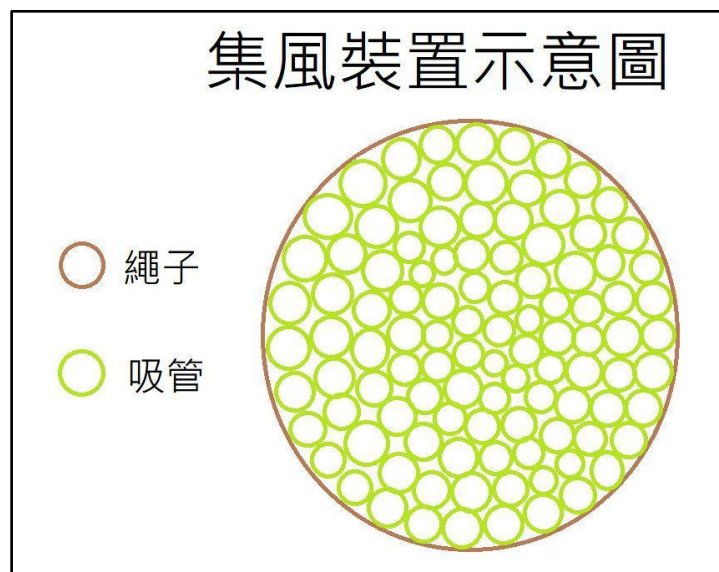
步驟三：用溫度計在各點位每三分鐘測量一次溫度，持續15分鐘。

步驟四：並且在實驗中使用相同的火力大小、廠區模型、溫度計及風向等。

步驟五：重複以上步驟三次並記錄結果。

步驟六：再根據步驟三取得三重複結果計算出點位在同一時間點之平均值及標準誤。

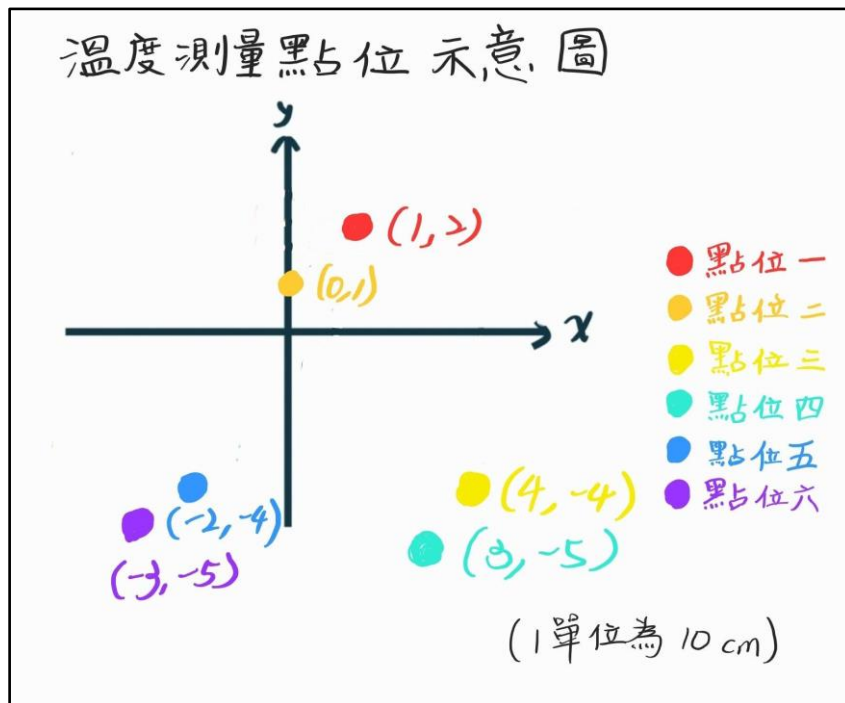
※集風裝置的製作：將粗吸管擺放呈圓狀並以繩子綑綁，並以熱熔膠加固（如下圖）。



※溫度測量點位示意圖 (如下圖所示)

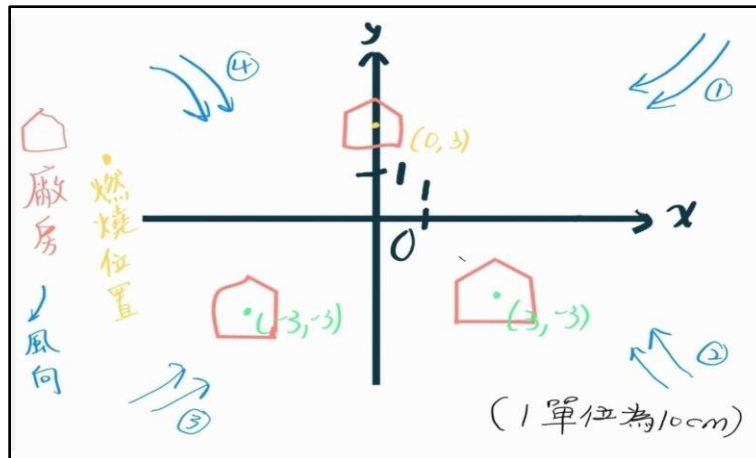
其中，點位一、三、五與地面之垂直距離為40公分（位置在對照組屋頂的上空）；點位二、四、六與地面之垂直距離為5cm平面座標如下圖（位置在對照組牆邊）。

註：遇到廠房變化位置時，當廠房位置平移，則相對應的測量點位便平移相同距離。



實驗三：探究熱在不同風向在模型屋傳播動線的影響

步驟一：將風扇分別放在不同角度（如下圖風向1、2、3、4），並設定風速為6.5m/sec(蒲福風級4級)。



步驟二：開啟電風扇，在廠區模型中點燃本生燈，並每8秒添加重量總和為10公克重的金紙。

步驟三：用溫度計在各點位每三分鐘測量一次溫度。

步驟四：並且在實驗中使用相同的本生燈、火力大小、廠區模型、溫度計、風速等。

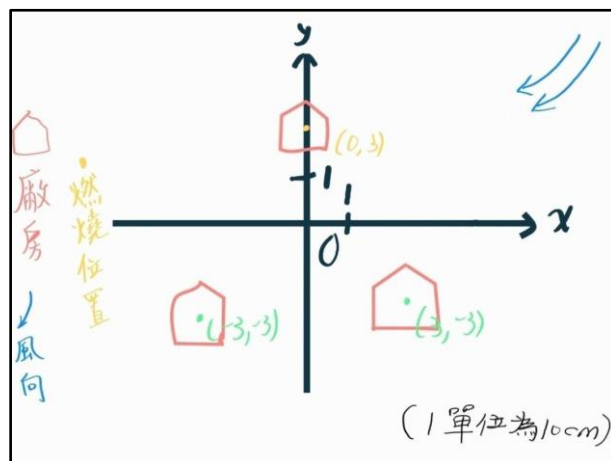
步驟五：重複以上步驟三次並記錄結果。

步驟六：再根據步驟三取得三重複結果計算出點位在同樣的時間點之平均值及標準誤。

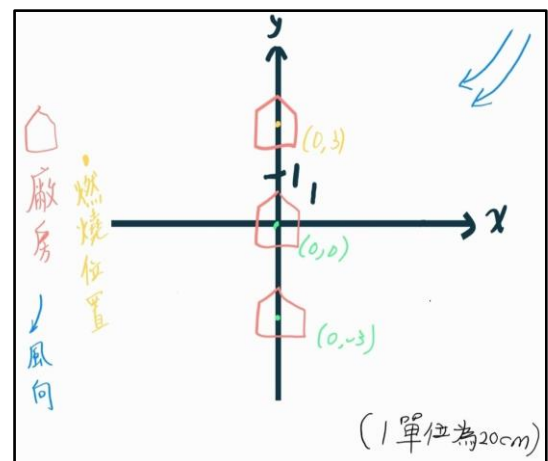
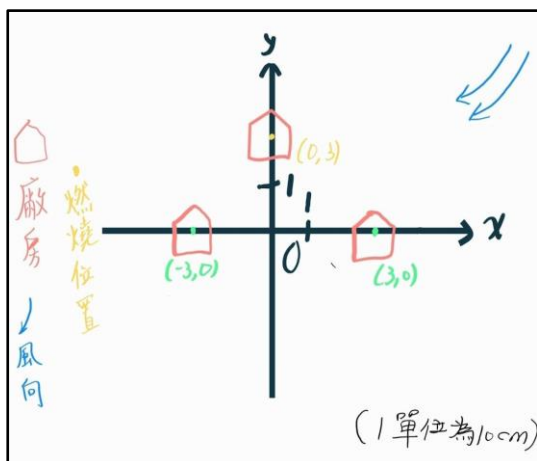
實驗四：探究廠房模型在不同位置對熱在室內及室外傳播動線的影響

步驟一：繪製廠房模型擺放位置圖如下，並設定風速為6.5m/sec(蒲福風級4級)。

對照組：



實驗組(測量點位於各圖下)：



步驟二：開啟電風扇，在廠區模型中點燃本生燈，並每8秒添加重量總和為10公克重的金紙。

步驟三：用溫度計在各點位每三分鐘測量一次溫度。

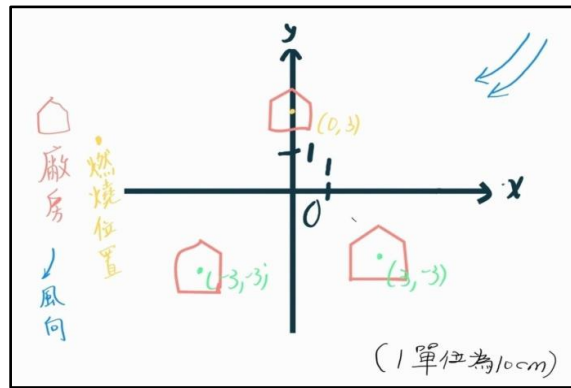
步驟四：並且在實驗中使用相同的本生燈、火力大小、溫度計、風速及風向等。

步驟五：重複以上步驟三次並記錄結果。

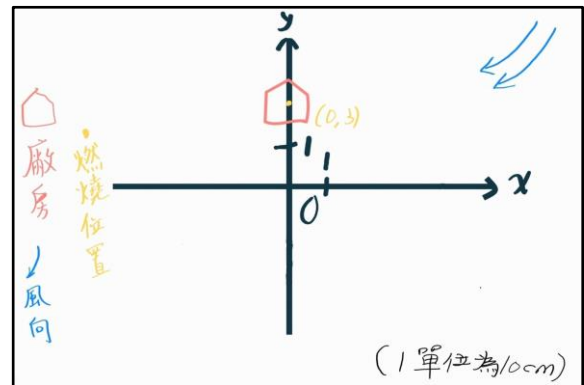
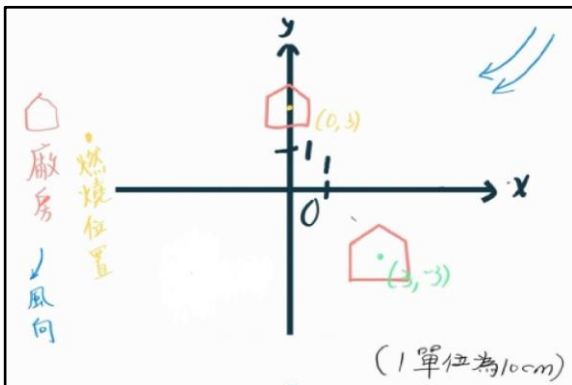
實驗五：探究廠房模型擺放不同數量對熱在室內及室外傳播動線的影響

步驟一：繪製廠房模型擺放位置圖如下，並設定風速為6.5m/sec(蒲福風級4級)。

對照組 (3間廠房)：



實驗組 (2間廠房 / 1間廠房) :



步驟二：開啟電風扇，在廠區模型中點燃本生燈，並每8秒添加重量總和為10公克重的金紙。

步驟三：用溫度計在各點位每三分鐘測量一次溫度用溫度計並記錄。

步驟四：並且在實驗中使用同樣的本生燈火力、溫度計、風速及風向等。

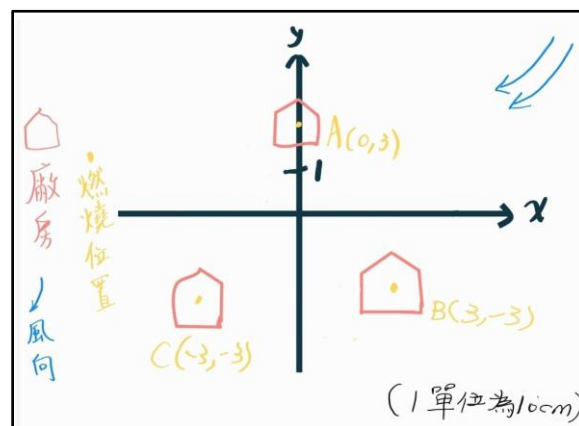
步驟五：重複以上步驟三次並記錄結果。

實驗六：探究不同的起火點對熱在室內及室外傳播動線的影響

步驟一：利用直角平面座標系規劃出熱源的燃燒位置（如下圖）。

步驟二：開啟電風扇，在廠區模型中點燃本生燈，並每8秒添加重量總和為20公克重的金紙。

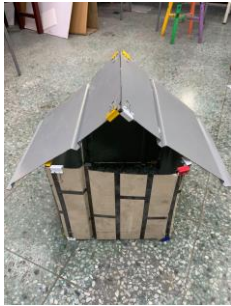


步驟三：利用溫度計在各點位每三分鐘測量一次溫度並記錄。



肆、研究結果

實驗一、廠房模型的製作

表1. 鐵皮廠房模型實際組建樣態

	廠房1	廠房2	廠房3
圖示			

實驗二：探究不同的風力強度對熱在室內室外傳播的影響

表2-1. 廠區內各溫度採樣點於弱風(1m/sec)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤
弱 風 (1 m/ se c)	點 位 1	30	3	0.	95	9	0.	97	9	1.	98	9	0.	95	9	0.	99	9	2.
		30	0.	00	94	5.	88	95	4.	45	95	6.	88	96	5.	58	92	5.	03
		30	0		97	3		92	7		96	3		94	0		96	7	
	點 位 2	30	3	0.	46	4	1.	50	4	2.	58	5	1.	43	5	4.	55	5	0.
		30	0.	00	49	6.	20	43	6.	03	61	8.	20	56	2.	91	52	3.	88
		30	0		45	7		46	3		57	7		59	7		53	3	
	點 位 3	30	3	0.	36	3	0.	38	3	1.	42	4	1.	38	3	0.	40	3	1.
		30	0.	00	34	5.	88	33	5.	45	39	0.	00	36	7.	58	36	8.	20
		30	0		37	7		36	7		39	0		37	0		39	3	
	點 位 4	30	3	0.	31	3	0.	35	3	0.	33	3	1.	34	3	0.	34	3	0.
		30	0.	00	33	2.	88	32	3.	88	38	5.	53	34	4.	33	36	5.	88
		30	0		34	7		33	3		34	0		35	3		37	7	
	點 位 5	30	3	0.	47	4	1.	43	4	0.	51	4	2.	45	4	0.	41	4	2.
		30	0.	00	50	8.	00	46	3.	88	43	6.	52	44	4.	58	48	6.	52
		30	0		47	0		44	3		44	0		43	0		49	0	
	點 位 6	30	3	0.	34	3	0.	37	3	1.	37	3	0.	38	3	0.	37	3	0.
		30	0.	00	36	5.	67	35	5.	15	35	5.	67	36	6.	88	36	5.	88
		30	0		36	3		33	0		35	7		35	3		34	7	

表2-2. 廠區內各溫度採樣點於中風(6.5m/sec)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
中風 (6.5 m/ se c)	點 位 1	30	3	0.	80	8	0.	78	8	1.	80	7	0.	80	7	1.	75	7	1.
		30	0.	00	83	1.	88	79	0.	53	79	9.	33	77	8.	00	78	7.	20
		30	0		81	3		83	0		80	7		77	0		79	3	
	點 位 2	30	3	0.	43	4	1.	42	4	1.	42	4	0.	38	3	0.	37	4	1.
		30	0.	00	40	0.	20	40	0.	15	41	1.	33	41	9.	88	41	0.	53
		30	0		39	7		38	0		41	3		39	3		42	0	
	點 位 3	30	3	0.	35	3	0.	36	3	0.	37	3	0.	37	3	0.	40	3	1.
		30	0.	00	37	6.	58	38	6.	67	38	6.	88	35	6.	58	36	7.	20
		30	0		36	0		36	7		35	7		36	0		37	7	
	點 位 4	30	3	0.	34	3	0.	34	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	33	3	1.
		30	0.	00	33	4.	58	32	3.	67	35	4.	88	34	4.	88	37	4.	53
		30	0		35	0		34	3		36	7		36	3		32	0	
	點 位 5	30	3	0.	50	4	0.	51	4	0.	48	4	0.	49	5	0.	51	4	0.
		30	0.	00	48	9.	88	48	9.	88	47	8.	58	50	0.	88	50	9.	88
		30	0		51	7		49	3		49	0		52	3		48	7	
	點 位 6	30	3	0.	34	3	0.	33	3	0.	32	3	1.	33	3	0.	36	3	1.
		30	0.	00	33	4.	58	36	4.	88	36	4.	15	35	4.	58	32	4.	15
		30	0		35	0		34	3		34	0		34	0		34	0	

表2-3. 廠區內各溫度採樣點於強風(15.5m/sec)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
強風 (15.5 m/ se c)	點 位 1	30	3	0.	73	7	0.	69	7	1.	74	7	0.	74	7	0.	77	7	1.
		30	0.	00	75	4.	88	72	2.	73	75	4.	58	74	4.	33	73	5.	15
		30	0		76	7		75	0		73	0		75	3		75	0	
	點 位 2	30	3	0.	47	4	1.	47	4	0.	49	4	1.	51	4	2.	45	4	1.
		30	0.	00	45	7.	15	48	8.	88	45	7.	20	47	7.	03	48	7.	45
		30	0		49	0		50	3		48	3		44	3		50	7	
	點 位 3	30	3	0.	31	3	0.	33	3	0.	34	3	1.	33	3	0.	34	3	0.
		30	0.	00	34	2.	88	32	2.	33	31	3.	00	32	3.	58	34	3.	33
		30	0		33	7		32	3		34	0		34	0		33	7	
	點 位	30	3	0.	31	3	0.	31	3	0.	30	3	0.	30	3	1.	30	3	0.
		30	0.	00	30	1.	58	30	0.	33	32	1.	88	31	1.	20	31	1.	88

	4	30	0		32	0		31	7		33	7		34	7		33	3	
點位5	30	3	0.	39	4	1.	43	4	0.	42	4	0.	42	3	1.	43	4	0.	
	30	0.	00	42	1.	20	42	1.	88	41	1.	58	39	9.	20	42	1.	88	
	30	0		43	3		40	7		40	0		38	7		40	7		
點位6	30	3	0.	34	3	0.	35	3	0.	33	3	0.	34	3	1.	35	3	0.	
	30	0.	00	35	3.	88	34	4.	58	33	3.	33	34	5.	00	34	3.	88	
	30	0		32	7		33	0		34	3		37	0		32	7		

圖2-1. 弱風吹拂

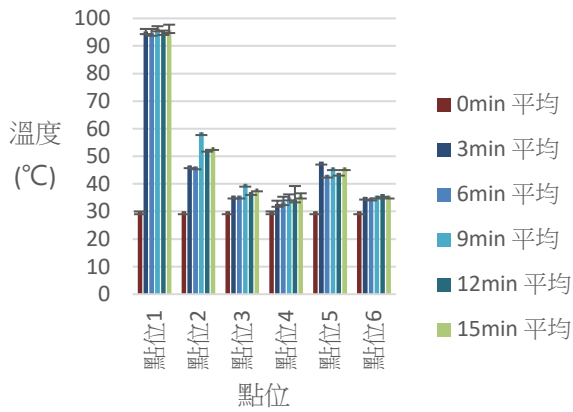


圖2-2. 中風吹拂

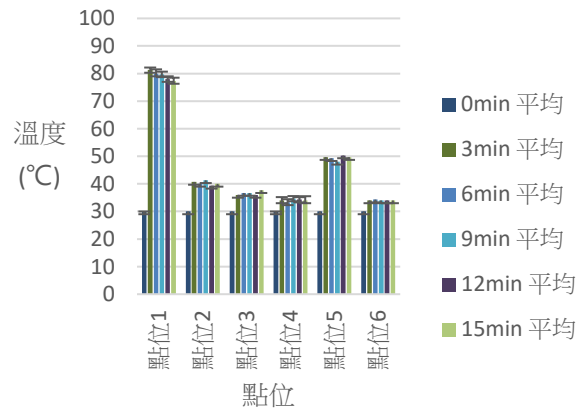
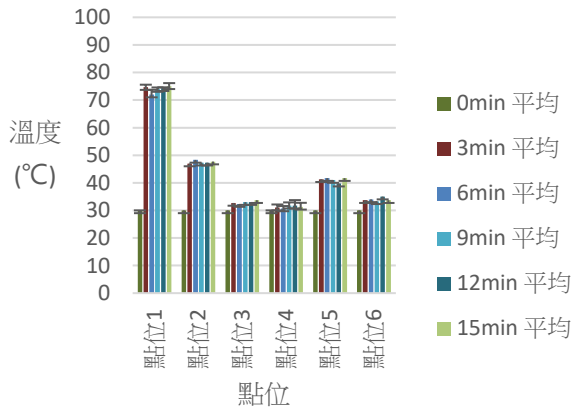


圖2-3. 強風吹拂



結果分析：

弱風時，只有火源廠房周圍及下風處的熱變化稍明顯，其餘點位都只有些許的溫度變化。

中風時熱的擴散較明顯，熱源廠房周圍溫度降低，背風側溫度仍維持，下風處溫度變高。

強風時，熱的擴散不明顯，熱源廠房周圍溫度降得更低，而下風處廠房的溫度也變得較低。

實驗三：探究不同的風向對熱在室內室外傳播的影響

表3-1. 廠區內各溫度採樣點於風向一(風向來自廠房的東北方)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
風向一	點位1	30	3	0.	89	8	0.	89	8	0.	85	8	1.	89	8	1.	88	8	0.
		30	0.	00	87	8.	88	88	8.	33	87	7.	76	86	6.	45	89	9.	58
		30	0		90	7		88	3		91	7		84	3		90	0	
	點位2	30	3	0.	49	4	0.	48	4	0.	51	4	0.	50	4	1.	52	4	1.
		30	0.	00	50	8.	88	49	7.	88	49	9.	88	49	8.	20	49	9.	73
		30	0		47	7		46	7		48	3		46	3		46	0	
	點位3	30	3	0.	34	3	0.	37	3	1.	35	3	0.	35	3	0.	37	3	0.
		30	0.	00	36	5.	58	32	4.	53	34	4.	33	34	4.	33	35	6.	58
		30	0		35	0		33	0		34	3		35	7		36	0	
	點位4	30	3	0.	37	3	0.	38	3	0.	39	3	1.	37	3	0.	39	3	0.
		30	0.	00	39	8.	58	35	6.	88	37	7.	15	36	6.	33	36	7.	88
		30	0		38	0		36	3		35	0		36	3		37	3	
	點位5	30	3	0.	47	4	0.	49	4	0.	45	4	0.	48	4	0.	47	4	0.
		30	0.	00	48	6.	88	48	9.	58	47	6.	67	49	8.	33	47	7.	00
		30	0		45	7		50	0		47	3		49	7		47	0	
	點位6	30	3	0.	36	3	0.	38	3	0.	39	3	1.	37	3	0.	40	3	1.
		30	0.	00	37	6.	33	36	7.	58	34	6.	53	39	7.	88	36	8.	20
		30	0		36	3		37	0		35	0		36	3		39	3	

表3-2. 廠區內各溫度採樣點於風向二(風向來自廠房的東南方)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
風向二	點位1	30	3	0.	86	8	0.	88	8	1.	86	8	0.	85	8	0.	86	8	0.
		30	0.	00	85	4.	88	85	5.	20	84	5.	58	85	5.	00	85	6.	58
		30	0		83	7		84	7		85	0		85	0		87	0	
	點位2	30	3	0.	44	4	0.	44	4	0.	48	4	0.	44	4	0.	46	4	1.
		30	0.	00	45	4.	33	47	5.	88	45	6.	88	47	5.	88	49	7.	00
		30	0		44	3		46	7		46	3		46	7		46	0	
	點位3	30	3	0.	32	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	35	3	0.
		30	0.	00	31	1.	33	32	3.	58	32	3.	58	33	2.	33	33	4.	58
		30	0		32	7		34	0		34	0		32	7		34	0	

點位 4	30	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	31	3	0.	34	3	0.	
	30	0.	00	31	1.	67	32	2.	58	31	1.	67	32	2.	88	33	3.	33	
	30	0		31	7		31	0		31	7		34	3		33	3		
	點位 5	30	3	0.	42	4	1.	43	4	0.	42	4	0.	43	4	1.	42	4	0.
		30	0.	00	43	1.	20	42	2.	58	44	2.	88	39	0.	20	41	2.	58
		30	0		39	3		41	0		41	3		40	7		43	0	
	點位 6	30	3	0.	32	3	0.	33	3	0.	31	3	0.	33	3	0.	32	3	0.
		30	0.	00	34	2.	88	33	2.	33	32	1.	33	33	3.	00	33	2.	33
		30	0		31	3		32	7		32	7		33	0		32	3	

表3-3. 廠區內各溫度採樣點於風向三(風向來自廠房的西南方)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
風向三	點位 1	30	3	0.	85	8	0.	88	8	0.	85	8	0.	85	8	0.	86	8	0.
		30	0.	00	86	6.	88	88	7.	33	87	6.	67	86	5.	58	87	6.	33
		30	0		88	3		87	7		87	3		84	0		87	7	
	點位 2	30	3	0.	45	4	1.	42	4	1.	43	4	1.	45	4	0.	45	4	0.
		30	0.	00	43	5.	15	43	3.	20	47	6.	53	46	5.	33	47	5.	88
		30	0		47	0		46	7		48	0		46	7		44	3	
	點位 3	30	3	0.	34	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	33	3	0.	35	3	0.
		30	0.	00	34	3.	33	35	3.	67	34	4.	58	33	3.	00	34	4.	33
		30	0		33	7		33	7		35	0		33	0		34	3	
	點位 4	30	3	0.	33	3	0.	36	3	0.	34	3	0.	33	3	0.	39	3	0.
		30	0.	00	34	4.	58	35	4.	88	35	4.	33	33	2.	33	36	7.	88
		30	0		35	0		33	7		35	7		32	7		37	3	
	點位 5	30	3	0.	44	4	1.	44	4	0.	44	4	0.	43	4	0.	44	4	0.
		30	0.	00	47	4.	45	43	4.	88	45	4.	58	43	2.	33	43	3.	33
		30	0		42	3		46	3		43	0		42	7		43	3	
	點位 6	30	3	0.	32	3	0.	33	3	0.	31	3	1.	32	3	0.	32	3	0.
		30	0.	00	31	1.	33	32	2.	58	33	3.	15	33	2.	33	34	2.	67
		30	0		32	7		31	0		35	0		33	7		32	7	

表3-4. 廠區內各溫度採樣點於風向四(風向來自廠房的西北方)吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤

風向四	點位1	30	3	0.	92	9	0.	91	9	0.	90	8	0.	87	8	1.	89	8	0.
		30	0.	00	90	0.	88	90	0.	33	88	9.	67	92	9.	45	89	9.	33
		30	0		89	3		90	3		90	3		90	7		90	3	
	點位2	30	3	0.	51	7	0.	50	7	0.	52	5	1.	53	5	1.	51	4	1.
		30	0.	00	49	6.	67	52	6.	88	48	0.	20	50	0.	20	50	9.	20
		30	0		49	7		49	7		51	3		49	7		47	3	
	點位3	30	3	0.	42	4	0.	41	4	0.	40	4	0.	40	4	0.	39	4	0.
		30	0.	00	40	0.	88	44	2.	88	40	0.	33	43	1.	88	41	0.	88
		30	0		39	3		43	7		41	3		42	7		42	7	
	點位4	30	3	0.	35	3	0.	34	3	0.	35	3	0.	35	3	1.	33	3	0.
		30	0.	00	36	5.	33	34	4.	00	35	4.	67	32	4.	20	35	3.	67
		30	0		35	3		34	0		33	3		36	3		33	7	
	點位5	30	3	0.	45	4	1.	44	4	1.	42	4	0.	41	4	0.	40	4	1.
		30	0.	00	43	3.	15	44	2.	33	41	1.	33	43	2.	67	40	1.	33
		30	0		41	0		40	7		42	7		43	3		44	3	
	點位6	30	3	0.	35	3	0.	35	3	0.	35	3	0.	37	3	1.	34	3	0.
		30	0.	00	34	4.	33	33	4.	67	36	5.	33	35	4.	45	35	4.	33
		30	0		34	3		35	3		35	3		32	7		35	7	

圖3-1. 風向一

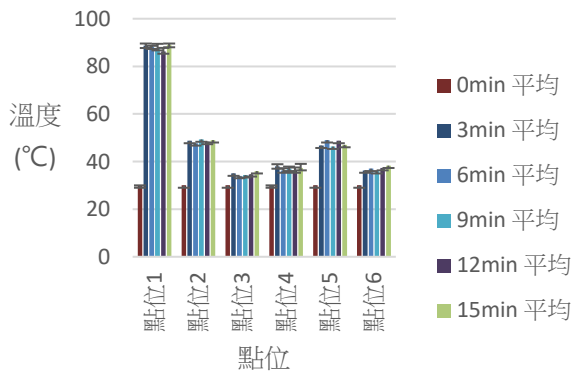


圖3-2. 風向二

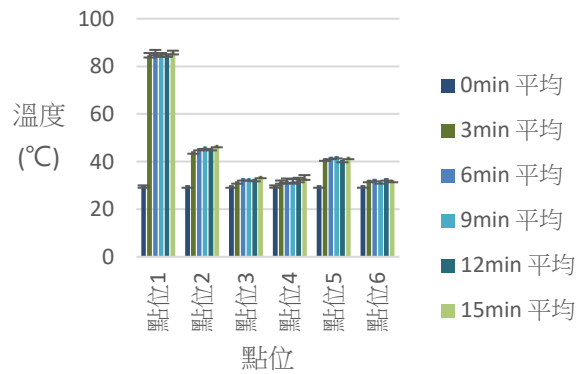


圖3-3. 風向三

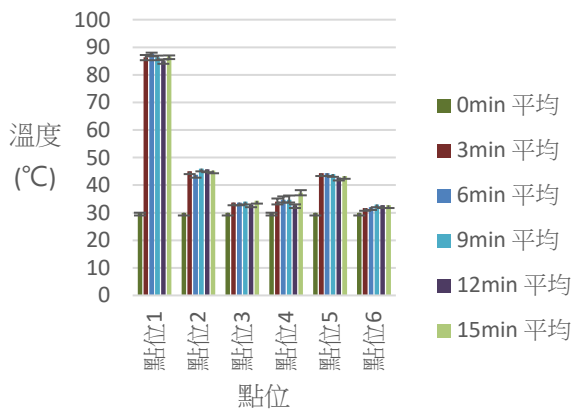
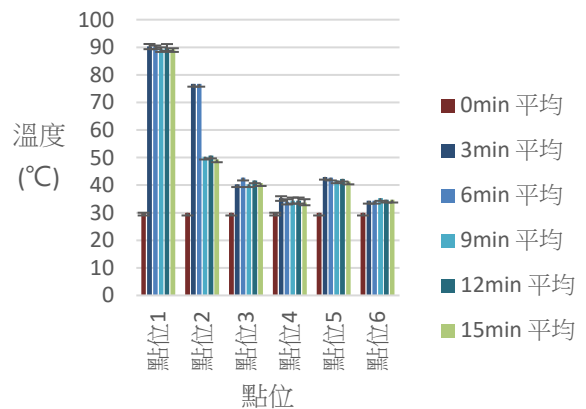


圖3-4. 風向四



結果分析：

風向一時，熱源廠房周圍溫度較其他位置高，背風側溫度仍維持，下風處溫度稍高。

風向二時，由於熱源廠房變為下風處，所以熱源廠房周圍溫度仍較高，點位五受到熱輻射影響而溫度稍高，其他點位因位於上風處，所以溫度與常溫相差不遠。

風向三時，火源廠房位於下風處，因此點位溫度普遍較低，只有距離廠房近的點位1、2、5受到熱輻射的影響而溫度較高。

風向四時，下風且迎風點位及火源廠房周圍點位分別受到熱對流及熱輻射影響而溫度較高。

實驗四：探究廠房的不同相對位置對熱在室內室外傳播的影響

表4-1. 三間廠房相對位置為大三角型 [座標：(0,3)、(3,-3)、(-3,-3)]，廠區內各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
對照組	點位1	30	30	0.	90	8	1.	90	8	1.	87	8	0.	93	9	0.	91	8	1.
		30		0	87	8.	00	87	9.	00	89	7.	88	90	1.	88	87	8.	53
		30		0	87	0		90	0		86	3		92	7		86	0	
	點位2	30	30	0.	48	4	0.	48	4	0.	57	5	1.	47	5	1.	51	5	0.
		30		0	45	6.	88	45	6.	88	62	9.	45	52	0.	53	52	2.	88
		30		0	47	7		46	3		59	3		51	0		54	3	
	點位3	30	30	0.	34	3	0.	39	3	0.	43	4	0.	39	3	1.	35	3	0.
		30		0	37	5.	88	36	7.	88	40	1.	88	36	8.	20	37	6.	88
		30		0	35	3		37	3		41	3		40	3		38	7	
	點位4	30	30	0.	34	3	1.	33	3	0.	35	3	1.	33	3	0.	36	3	1.
		30		0	34	3.	00	35	4.	88	38	7.	00	34	4.	58	34	6.	15
		30		0	31	0		36	7		38	0		35	0		38	0	
	點位5	30	30	0.	49	4	1.	48	4	1.	50	4	0.	46	4	1.	44	4	2.
		30		0	46	8.	20	49	9.	20	47	8.	88	44	4.	15	47	7.	03
		30		0	50	3		52	7		48	3		42	0		51	3	
	點位6	30	30	0.	33	3	1.	37	3	0.	39	3	0.	38	3	0.	36	3	1.
		30		0	37	4.	20	36	5.	88	36	7.	88	36	7.	58	34	6.	15
		30		0	34	7		34	7		37	3		37	0		38	0	

表4-2. 三間廠房相對位置為小三角型 [座標：(0,3)、(3,0)、(-3,0)]，廠區內各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
廠區二	點位 1	30	30	0.	87	8	0.	94	9	0.	85	8	1.	94	9	1.	83	8	1.
		30		0	88	8.	88	95	3.	88	88	7.	20	89	1.	53	89	6.	76
		30		0	90	3		92	7		89	3		90	0		87	3	
	點位 2	30	30	0.	46	4	0.	54	5	2.	59	5	0.	56	5	1.	53	5	0.
		30		0	47	6.	58	47	0.	08	56	7.	88	53	5.	20	52	3.	58
		30		0	45	0		49	0		57	3		57	3		54	0	
	點位 3	30	30	0.	39	3	1.	35	3	1.	42	3	1.	39	3	0.	42	4	0.
		30		0	35	6.	53	33	5.	45	37	9.	45	38	8.	33	39	0.	88
		30		0	34	0		38	3		39	3		38	3		40	3	
	點位 4	30	30	0.	35	3	0.	36	3	0.	38	3	1.	39	3	0.	37	3	0.
		30		0	33	3.	67	33	4.	88	38	6.	67	36	7.	88	34	5.	88
		30		0	33	7		35	7		33	3		38	7		36	7	
	點位 5	30	30	0.	42	4	1.	46	4	0.	50	4	1.	49	4	0.	46	4	0.
		30		0	48	5.	86	47	6.	33	46	8.	15	49	8.	67	47	7.	58
		30		0	47	7		46	3		48	0		47	3		48	0	
	點位 6	30	30	0.	35	3	0.	38	3	1.	39	3	1.	40	3	0.	39	3	1.
		30		0	36	5.	33	34	6.	15	36	7.	00	37	8.	88	41	9.	15
		30		0	36	7		36	0		36	0		38	3		37	0	

表4-3. 三間廠房相對位置為一直排 [座標：(0,3)、(0,0)、(0,-3)]，廠區內各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
廠區三	點位 1	30	30	0.	87	8	1.	89	8	0.	91	8	1.	85	8	1.	87	8	0.
		30		0	88	9.	53	90	9.	33	87	9.	15	83	5.	45	86	7.	88
		30		0	92	0		89	3		89	0		88	3		89	3	
	點位 2	30	30	0.	74	7	1.	70	7	1.	68	6	1.	73	7	1.	70	6	0.
		30		0	70	1.	20	73	0.	20	71	8.	20	69	0.	33	68	9.	88
		30		0	71	7		69	7		67	7		69	3		71	7	
	點位 3	30	30	0.	91	8	1.	89	8	0.	92	9	1.	88	8	0.	90	8	1.
		30		0	87	9.	15	86	7.	88	89	0.	00	90	8.	88	86	8.	20

	3	30		0	89	0		88	7		89	0		87	3		89	3	
點位4	30	30	0.	79	8	1.	75	7	1.	77	7	0.	84	8	0.	78	7	0.	
	30		0	85	2.	76	79	7.	20	78	7.	33	82	3.	58	77	8.	58	
	30		0	83	3		78	3		77	3		83	0		79	0		
點位5	30	30	0.	49	4	1.	42	4	0.	51	4	0.	51	5	0.	43	4	0.	
	30		0	52	9.	20	45	3.	88	48	9.	88	49	0.	88	41	2.	88	
	30		0	48	7		44	7		49	3		52	7		44	7		
點位6	30	30	0.	45	4	0.	47	4	1.	41	4	1.	39	4	0.	46	4	0.	
	30		0	47	6.	58	45	7.	15	43	3.	45	41	0.	67	47	5.	88	
	30		0	46	0		49	0		46	3		41	3		44	7		

圖4-1. 廠區相對位置呈大三角型

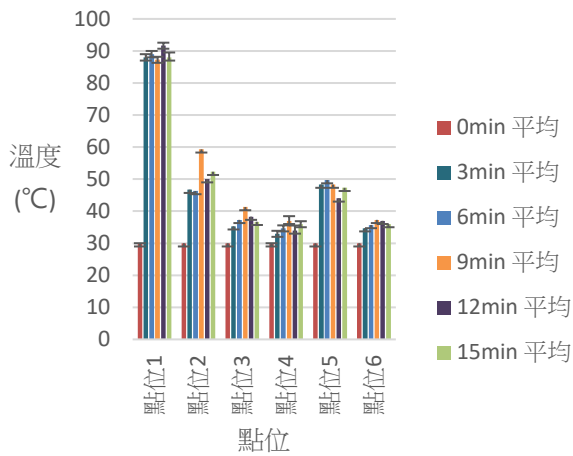


圖4-2. 廠區相對位置呈小三角型

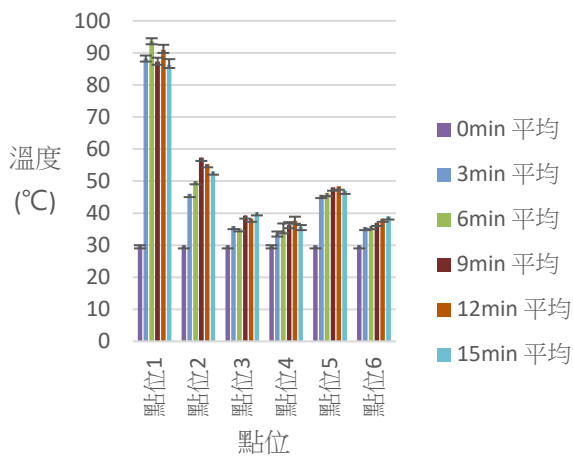
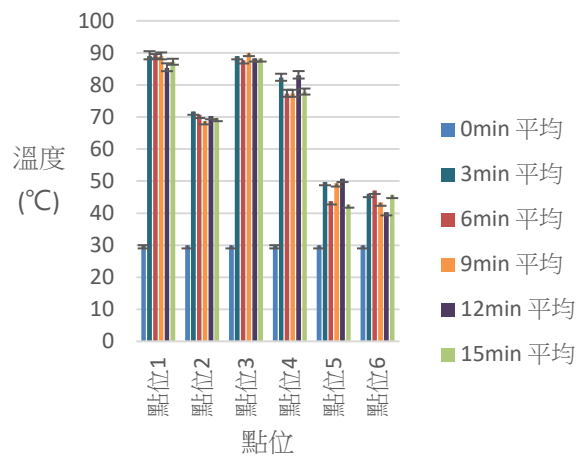


圖4-3. 廠區相對位置呈一直排



結果分析：

對照組數據點位一溫度較高，推測是因迎風面且在屋頂位置。

實驗發現，溫度變化與對照組相差不大，推測是因廠房之間相對位置與對照組之擺放相似。

廠區三之實驗模擬中發現點位三之溫度皆比其他點位來的高，推測是因其點位落於迎風面且為屋頂上方。

實驗五：探究不同數量的廠房對熱在室內室外傳播的影響

表5-1. 廠區內有3間廠房時，各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
廠房一 (3間廠房)	點位1	30	30	0.	90	8	1.	90	8	1.	87	8	0.	93	9	0.	91	8	1.
		30		0	87	8.	00	87	9.	00	89	7.	88	90	1.	88	87	8.	53
		30		0	87	0		90	0		86	3		92	7		86	0	
	點位2	30	30	0.	48	4	0.	48	4	0.	57	5	1.	47	5	1.	51	5	0.
		30		0	45	6.	88	45	6.	88	62	9.	45	52	0.	53	52	2.	88
		30		0	47	7		46	3		59	3		51	0		54	3	
	點位3	30	30	0.	34	3	0.	39	3	0.	43	4	0.	39	3	1.	35	3	0.
		30		0	37	5.	88	36	7.	88	40	1.	88	36	8.	20	37	6.	88
		30		0	35	3		37	3		41	3		40	3		38	7	
	點位4	30	30	0.	34	3	1.	33	3	0.	35	3	1.	33	3	0.	36	3	1.
		30		0	34	3.	00	35	4.	88	38	7.	00	34	4.	58	34	6.	15
		30		0	31	0		36	7		38	0		35	0		38	0	
	點位5	30	30	0.	49	4	1.	48	4	1.	50	4	0.	46	4	1.	44	4	2.
		30		0	46	8.	20	49	9.	20	47	8.	88	44	4.	15	47	7.	03
		30		0	50	3		52	7		48	3		42	0		51	3	
	點位6	30	30	0.	33	3	1.	37	3	0.	39	3	0.	38	3	0.	36	3	1.
		30		0	37	4.	20	36	5.	88	36	7.	88	36	7.	58	34	6.	15
		30		0	34	7		34	7		37	3		37	0		38	0	

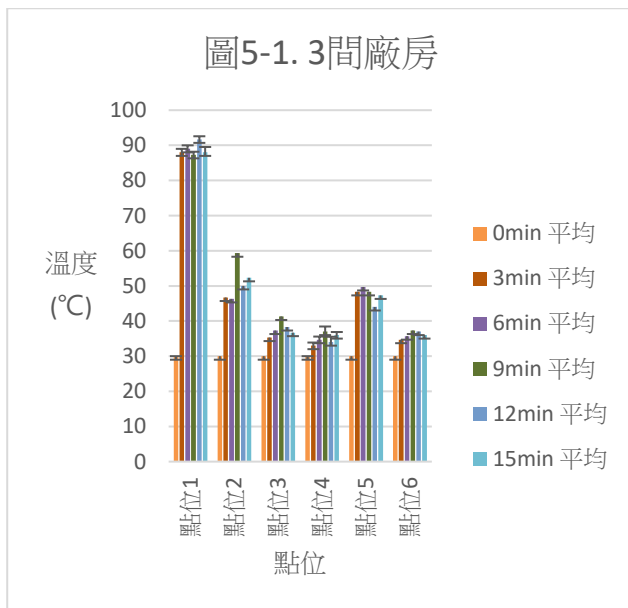
表5-2. 廠區內有2間廠房時，各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

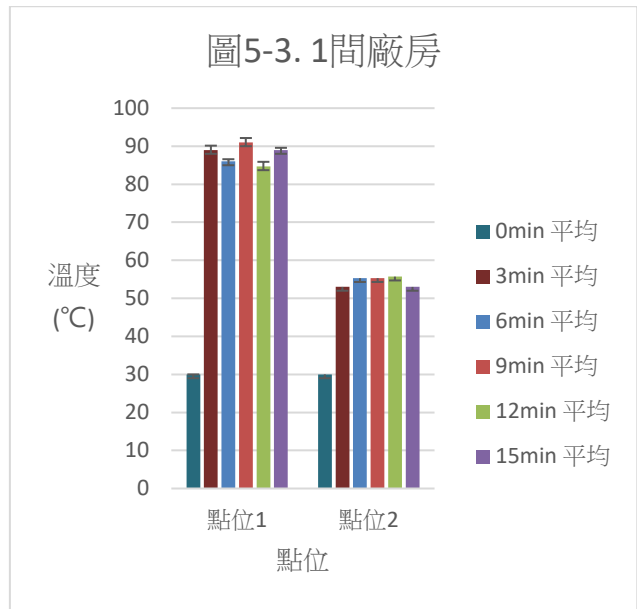
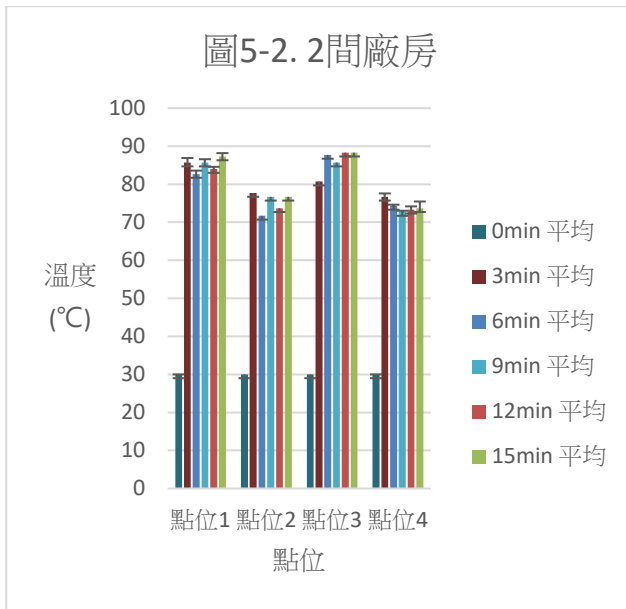
		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
廠區二 (2	點位1	30	30	0.	88	8	1.	84	8	0.	84	8	0.	85	8	0.	87	8	0.
		30		00	85	5.	20	81	2.	88	87	5.	88	83	4.	58	89	7.	88
		30			84	7		83	7		86	7		84	0		86	3	
	點	30	30	0.	78	7	0.	71	7	0.	76	7	0.	74	7	0.	80	7	1.

間 廠 房)	位 2	30		00	76	7.	88	72	1.	33	77	6.	33	72	3.	88	76	6.	76
		30			79	7		72	7		77	7		75	7		74	7	
	點 位 3	30	30	0.	79	8	0.	89	8	0.	85	8	1.	90	8	0.	90	8	1.
		30		00	81	0.	88	86	7.	88	88	5.	20	88	8.	88	89	8.	20
		30			82	7		88	7		84	7		87	3		86	3	
	點 位 4	30	30	0.	79	7	1.	76	7	1.	74	7	0.	76	7	1.	75	7	0.
		30		00	75	6.	20	75	4.	20	73	2.	88	74	3.	76	73	3.	67
		30			76	7		72	3		71	7		70	3		73	7	

表5-3. 廠區內有1間廠房時，各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤	數 據	平 均	標 準 誤
廠 區 三 (1 間 廠 房)	點 位 1	30	30	0.	89	8	1.	87	8	0.	91	9	1.	84	8	1.	89	8	0.
		30		00	87	9.	15	85	6.	58	93	1.	15	83	4.	20	90	9.	58
		30			91	0		86	0		89	0		87	7		88	0	
	點 位 2	30	30	0.	56	5	1.	56	5	0.	56	5	0.	58	5	1.	56	5	1.
		30		00	52	3.	53	55	5.	33	56	5.	67	54	5.	20	51	3.	53
		30			51	0		55	3		54	3		55	7		52	0	





結果分析：

實驗五之廠房擺設情形可作為本實驗之對照，廠房間熱空氣相互傳播，溫度相互傳遞。

廠區二之模擬為屋頂之點位溫度較高，推測為熱空氣上升導致屋頂溫度高於牆身，而因為點為五、六因無廠房在旁邊，無參考性，故不測量。

廠房三因只有一座廠房，無廠房間熱空氣傳播的相互作用。

實驗六：探究不同起火點位置對熱在室內室外傳播的影響

表6-1. 起火點發生於A處 [座標：(0,3)]，各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
起火點 A	點位 1	30	30	0	85	8	0.	89	8	0.	92	9	0.	97	9	1.	96	9	0.
		30			84	5.	58	86	7.	88	89	0.	88	94	5.	00	96	5.	33
		30			86	00		88	67		91	67		94	00		95	67	
	點位 2	30	30	0	56	5	1.	58	5	0.	66	6	0.	70	7	0.	74	7	1.
		30			52	4.	33	59	9.	58	64	5.	88	72	1.	58	77	4.	45
		30			56	67		60	00		67	67		71	00		72	3	
	點位 3	30	30	0	32	3	0.	35	3	0.	34	3	0.	35	3	0.	37	3	0.
		30			31	1.	33	34	4.	58	36	5.	58	36	5.	33	38	7.	33
		30			32	67		33	00		35	00		36	67		37	33	

點位 4	30	30	0	33	3	0.	36	3	0.	38	3	1.	37	3	0.	37	38	0.	
	30			32	3.	58	41	6.	88	43	8.	45	45	8.	58	46		68	
	30			34	00		38	33		41	33		44	33		44			
	點位 5	30	30	0	33	3	0.	39	3	0.	40	4	1.	43	4	1.	45	4	0.
		30			34	4.	88	41	9.	67	44	1.	33	46	3.	45	45	4.	33
		30			36	33		39	67		40	33		41	33		44	47	
	點位 6	30	30	0	34	3	0.	40	3	0.	43	4	0.	43	4	0.	44	4	0.
		30			32	3.	67	41	9.	88	43	2.	67	45	4.	58	46	4.	67
		30			34	33		38	67		41	33		44	00		44	67	

表6-2. 起火點發生於B處 [座標：(3,-3)]，各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)																	
		0min			3min			6min			9min			12min			15min		
		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
起火點 B	點位 1	30	30	0.	31	3	1.	34	3	0.	35	3	0.	35	3	0.	39	3	1.
		30		00	31	2.	00	36	5.	57	35	5.	33	36	5.	33	39	8.	00
		30			34	0		35	0		36	3		36	6		36	0	
	點位 2	30	30	0.	33	3	0.	38	3	0.	38	3	0.	38	3	1.	40	3	0.
		30		00	32	1.	88	44	7.	66	44	8.	57	45	8.	45	47	9.	33
		30			33	3		42	3		45	0		44	3		48	6	
	點位 3	30	30	0.	89	8	0.	90	8	0.	93	9	0.	97	9	1.	97	9	0.
		30		00	87	8.	94	88	9.	57	90	1.	88	94	5.	00	96	7.	57
		30			89	3		89	0		91	3		94	0		98	0	
	點位 4	30	30	0.	51	5	0.	60	5	0.	66	6	0.	70	7	0.	76	7	0.
		30		00	52	1.	57	59	9.	33	65	6.	88	72	1.	57	75	5.	33
		30			50	0		60	6		68	3		71	0		75	3	
	點位 5	30	30	0.	33	3	0.	39	3	0.	40	4	1.	43	4	10	44	4	0.
		30		00	35	4.	57	38	9.	57	44	1.	33	46	3.	45	46	4.	66
		30			34	0		40	0		40	3		41	3		44	6	
	點位 6	30	30	0.	35	3	.0	44	4	0.	45	4	0.	43	4	0.	45	4	0.
		30		00	31	3.	88	38	3.	66	37	4.	33	36	4.	57	39	6.	88
		30			30	3		36	3		39	6		41	0		40	6	

表6-3. 起火點發生於C處 [座標：(-3,-3)]，各溫度採樣點於固定風速風向吹拂下隨時間的溫度變化

		溫度(°C)					
		0min	3min	6min	9min	12min	15min

		數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤	數據	平均	標準誤
起 火 點 C	點 位 1	30	30	0. 00	30	3	0. 88	33	3	1. 00	35	3	1. 00	35	3	0. 88	40	3	0. 88
		30			31			36			38			39			39		
		30			33			33			35			36			37		
	點 位 2	30	30	0. 00	33	3	0. 88	38	3	0. 33	39	3	0. 66	40	3	1. 20	40	3	0. 33
		30			31			38			37			37			39		
		30			30			37			39			41			40		
	點 位 3	30	30	0. 00	32	3	0. 33	39	3	1. 15	40	4	1. 33	45	4	1. 52	45	4	0. 33
		30			33			37			44			46			46		
		30			32			41			40			41			45		
	點 位 4	30	30	0. 00	35	3	0. 88	44	4	0. 88	46	4	1. 00	46	4	0. 57	45	4	0. 88
		30			34			42			43			45			46		
		30			32			41			43			44			48		
	點 位 5	30	30	0. 00	89	8	1. 76	91	8	1. 15	94	9	0. 88	98	9	0. 88	97	9	0. 33
		30			83			89			91			95			96		
		30			85			87			93			96			97		
	點 位 6	30	30	0. 00	52	5	0. 33	60	6	0. 57	66	6	1. 52	73	7	0. 00	76	7	0. 88
		30			52			59			62			73			74		
		30			53			61			67			73			77		

圖6-1. 起火點A

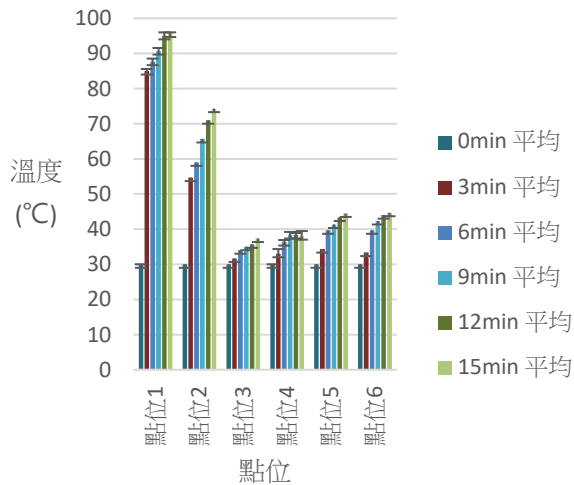


圖6-2. 起火點B

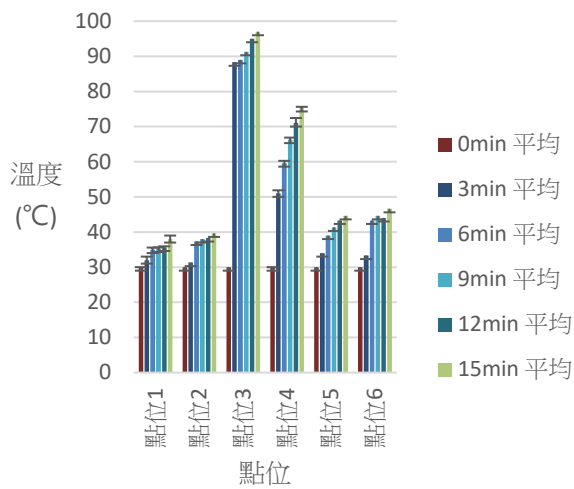
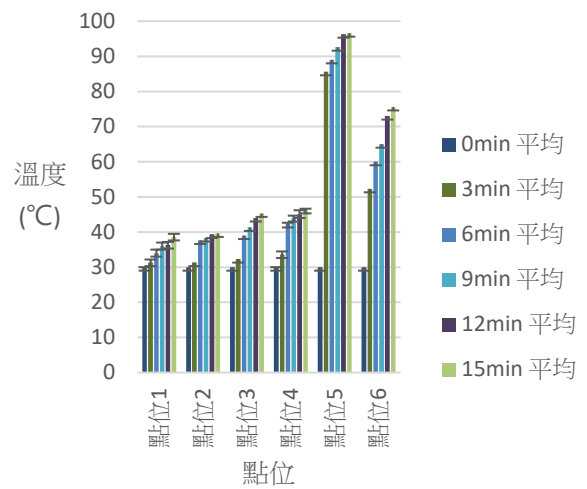


圖6-3. 起火點C



結果分析：

由於起火點A位於廠房A內，所以導致點位1、2的溫度較其他的高。又廠房C位於廠房A的下風處，所以溫度升高點位3、4高。

由於起火點B位於廠房B內，所以導致點位3、4溫度較其他的高。又廠房C位於廠房B的下風處，所以溫度升高點位1、2高。

由於起火點位於廠房C內，所以導致點位5、6溫度較其他的高。又廠房B距離廠房C比較近，故溫度升高較點位1、2高。

伍、討論

一、符合法規及易於觀察熱傳播的廠區建造。

每個工廠對於各自的廠區規劃，都有不同的需求及目的。而我們的目的是「符合法規」及「易於觀察熱傳播」，因此我們參考了其他工廠的比例，自行設計出符合所要條件的廠區模型。我們所認為的貼近現實並不是完全模仿他人的設計，只要符合現實規定就可以稱為「與現實相似」，故在本研究中未直接明定本研究鐵皮屋模型，是縮小自哪一實際廠區。

二、中風(6.5m/sec)吹拂條件下，對熱擴散的影響最好。

我們的實驗相較他人的最大不同就是以金紙作為熱源，金紙擁有些許的不穩定性，也較契合現實中火災的火時大時小的情況。本研究以屏東的風力情況作為標準，較貼合在地的風力情形，也對當地較有參考性。

根據實驗二的數據，我們推測在中等風速時熱擴散效果最優。風速過低時，熱空氣只會在熱源廠房周圍滯留；風速過高時，熱空氣較無法在熱源廠房周圍滯留，也無法使下風處點位周圍的空氣溫度提高，而在中等風速時，熱空氣恰可以在下風處點位周圍滯留，使其溫度升高。

我們發現熱輻射的傳熱效果比熱對流來的差，在實驗中，熱輻射能達到的範圍較小，而由中風組、弱風組及強風組的比較可以得知，熱對流在中風組最顯著，所以傳熱效果好；而弱風組幾乎無熱對流，強風組形成強制對流，因此這兩組的傳熱效果較差。

三、本實驗中熱大部分的傳播是藉由熱對流傳遞。

在現實生活中，太陽是最大的熱源。而太陽是靠著熱輻射傳播熱的，但在我們的實驗中，因為有風扇的風及自然中的組合成的混合對流^[11]，所以火源廠房以熱輻射傳熱的方式影響較小，大部分是以熱對流傳熱。

由實驗三的數據可知，如果火源廠房位於上風處，則下風處的測量點位會有顯著的提升，但若火源廠房位於下風處，則位於上風處的測量點位溫度便趨近於常溫，在這兩種狀況下，火源廠房周圍的點位溫度皆較高。由此可以證明，混合對流的傳熱方式是最主要的，而熱輻射則只對周圍有較大影響。例如：在實驗三的風向一、四中，熱分別在廠房迎風面的測量點位溫度較高，背風側測量點位溫度較低，推測會有此現象是因為熱輻射效果不顯，而熱對流傳熱效率佳所造成的。

在實驗三中，推測熱的行進路線便與風的行進路線重疊，如風把熱吹向有點位的地方，則該下風點位溫度提高；如風把熱吹向無點位的地方，則上風處點位溫度與室溫相差無幾，其中在火源廠房附近的點位溫度皆較高。

四、廠房溫度高低分部情形，為屋頂溫度大於牆身溫度。

實驗中我們以現有的法規參考，製作模擬現實中廠房之模型。參考現實場景之平均風速，並以風扇加集風管作為模擬現實中空氣流動所形成之風，進行廠房熱空氣傳遞之模擬實驗。在實驗三的數據發現，當廠房位置為面對風源時，溫度較其他點為溫度來的高，主要是因空氣助長了對流的產生，使廠房內之氧氣供應充足，令火源燒得較旺。且離風源較遠的廠房，也因熱空氣的傳遞而溫度略微上升。

另外我們發現，實驗中的廠房屋頂之溫度總是比廠房牆身來的高，在查閱相關文獻及資料後，發現是因熱空氣密度較小，上升速度快，但熱空氣遇到屋頂的阻隔時，便會在屋頂附近堆積後向兩旁的孔洞擴散。在熱空氣遇到遭到阻隔時，便會將熱量傳遞到屋頂上，導致屋頂溫度總是比牆身還高，在現實情況可能產生屋頂坍塌等風險，未來實驗預估可以以屋頂耐熱性著手，模擬現實將屋頂耐熱性提高，減少火災時因屋頂坍塌造成的災害。

五、不同起火點導致溫度的變化。

由於考量到工廠失火可能在任意一個擺放易燃物的地方起火，所以我們增設了一項不同起火點的實驗，在此實驗中我們發現了起火點的位置不同，風向的吹向就成為溫度的走向，且若是起火點在下風處，溫度會藉著熱空氣上升較快。因此我們得知在火災現場逃到上風處是更安全的選擇。火災會朝著風向擴散，而逃到上風處意味著逃生者位置可以處在火源和煙霧的進一步擴散之前。下風處則可能有濃煙和熱氣並且因濃煙導致視野受限無法迅速找到安全的逃生出口。

陸、結論

- 一、本研究採取了符合法規的廠房模型建造比例，並且為使熱的傳播效果較容易觀察，我們將廠房間的距離調整至60公分以下，既能觀察到熱的輻射及對流，又能符合法規的規範。
- 二、經紅外線測溫槍測量，金紙燃燒時的溫度最高可達450°C，而焊錫的熔點只有不到300°C，而角鋼及長尾夾熔點遠大於500°C，因此在實驗一中，選用角鋼及長尾夾作為固定鐵片的材料。
- 三、由實驗二的數據可以推測，距離火源最近的點位一、二在六個點位之中都是溫度較高的。但是在風較大的情況下，火源廠房周圍的熱風就會受流動的風影響，從而使火源廠房周圍的熱空氣溫度降低，而使下風處的溫度提高，提高及降低幅度約在5~15°C不等。
- 四、由實驗二的數據可以推測，在弱風時鮮有熱擴散現象，所以熱大部分在火源廠房周圍；在中風時熱擴散現象較顯著，雖然火源廠房周圍降低溫度的幅度較低，但是其他廠房周圍的溫度上升的也較多；在強風時，火源廠房周圍降低溫度的幅度變更大，但同時風的強度變大也使其他廠房周圍的熱空氣不易停留，所以在強風時，所有廠房的溫度都較中風時的溫度低。
- 五、由實驗三的數據可以推測，因使用了擴散效果最好的中風，所以如果風把火源廠房周圍的熱空氣吹向有測量點位的方向，而該位於下風口的點位，溫度便較常溫高得多。反之，若火源廠房位下風處，則上風處的廠房周圍溫度還是不會高於常溫超過10°C，但有一些不在火源廠房周圍卻距離火源廠房稍近的點位，雖然無熱風傳遞，但也會受到熱輻射影響，而使溫度變高。
- 六、實驗四模擬各種不同工廠的廠房建築相對位置，並以屏東當地之平均風速做為模擬風速，比照各廠房間溫度傳遞。實驗結果發現對照組和廠房二因廠房間的相對距離較遠，周圍熱空氣之溫度傳遞較不明顯。而場房三因位置相近，及皆靠近風向來源，熱空氣之溫度傳遞明顯，廠房與廠房間的溫度傳遞也較為清晰，不僅有風帶來的熱空氣傳遞，也有因熱輻射而傳遞的溫度。
- 七、實驗五中模擬了不同數量的廠房對熱空氣傳播之影響，在三座廠房時，因熱空氣的傳遞及廠房對風的阻擋，以致於廠房溫度呈現浮動的狀態。而在實驗兩座場房時，廠房減少，對熱空氣的阻擋便減少，溫度變化幅度也逐漸降低，到了一棟廠房時，因沒有其他廠房影響，故溫度趨於穩定。
- 八、實驗六模擬了在廠房中不同的起火點對熱空氣傳播的影響，在實驗六中發現，離火源最

近的廠房溫度升高的越快，並且在這項實驗中我們還有在其中增加風的元素，發現到了若是在下風處的廠房點位溫度升高的幅度會比離火源差度多距離但不会被風吹到的廠房點位還稍微高，且若是起火點為之位於在下風處的廠房，其他離起火點較遠的點位溫度升高的幅度則會減少許多。

柒、參考資料及其他

一、工廠建造法規。全國法規資料庫。

<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=D0070115>

二、鐵皮屋屋種類、材質。鐵皮屋種類、材質優缺點講解與操作過程分享！蓋鐵皮屋要注意這3點

<https://www.tasker.com.tw/articles/detail/861>

三、鐵皮屋結構。

<https://chungya.tw/component/k2/item/132-2017-06-27-06-10-37.html>

四、屏東風速資料。交通部中央氣象署。

https://www.cwa.gov.tw/V8/C/W/WindSpeed/WindSpeed_All.html?CID=C&StationID=C

五、熱對流。T-Global Technology。

<https://www.tglobalcorp.com/tw/blogs/classroom/heat-convection>

六、熱輻射。T-Global Technology。

<https://www.tglobalcorp.com/tw/blogs/classroom/heat-radiation-ba%3Cx%3Ese>

七、本生燈。維基百科。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%AC%E7%94%9F%E7%87%88>

八、火災相關注意事項及基本常識。

<https://www.pinglin.ntpc.gov.tw/uploaddowndoc?file=pinglin06/202101060927310.pdf&filedisplay=103060001.pdf&flag=doc>

九、蒲福氏風級。維基百科。

<https://www.wikiwand.com/zh-hant/%E8%92%B2%E7%A6%8F%E6%B0%8F%E9%A2%A8%E7%B4%9A#introduction>

十、強制對流及混合對流。維基百科。

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%BC%B7%E5%88%B6%E5%B0%8D%E6%B5%81>