

LW-9354

熱管熱傳特性實驗裝置 (熱阻量測設備)

使用手冊



瑞領科技股份有限公司

Long Win Science & Technology Corporation

台灣桃園市楊梅區幼獅工業區獅二路7號

TEL: 886-3-464-3221 URL: <http://www.longwin.com>

FAX: 886-3-496-1307 E-mail: longwin@longwin.com

目錄

0.規格	2
I.系統概要	3
0 設備全景	3
1 系統控制用電氣箱及操作面板	4
2 加熱器之電源供應器	5
3 熱管熱阻測試台	6
4 熱管反應時間測試台	7
5 電子商業用熱管構造說明看板與解剖構造	8
6 冷卻水控制單元	9
II.熱管結構及原理	10
III.操作前置步驟	12
3.1 系統開機	12
3.2 加熱溫度設定	14
IV.操作步驟	15
4.1 熱管反應時間測試	16
4.2 熱管熱阻測試	17
V.附錄	19
5.1 實驗記錄與討論	19
5.2 熱管製作	21
5.2.1 熱管製作流程	21
5.2.2 熱管工作流體之選用	22
5.3 熱管實驗數據參考	23
5.3.1 熱反應速率測試	23
5.3.2 不同毛細構造熱管之熱阻實驗	24
5.3.3 不同姿態時，熱傳性能之比較	25

0.規格

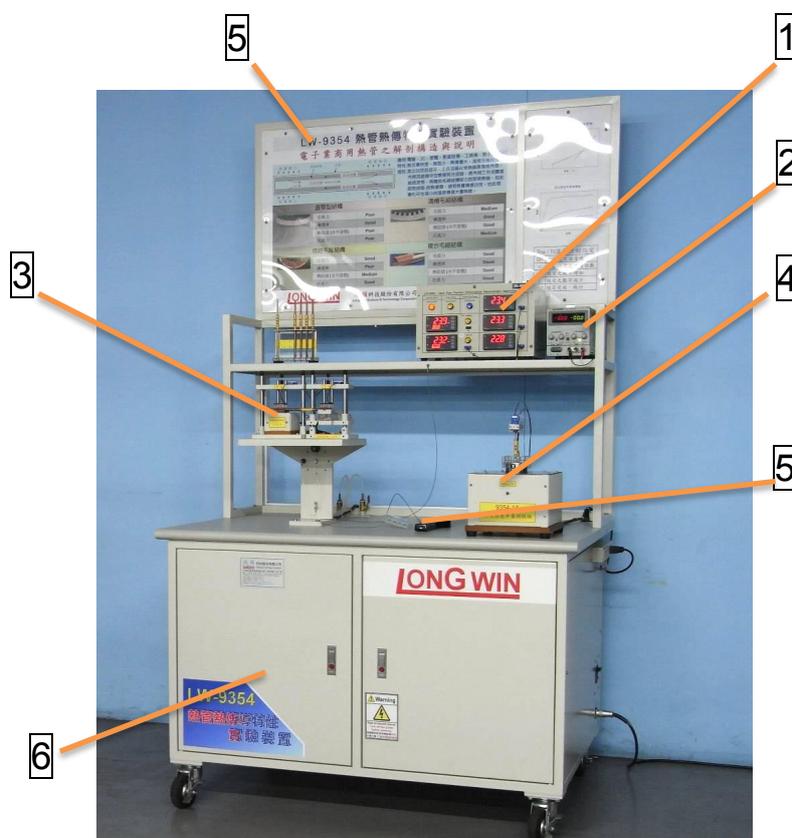
實驗目的

針對熱管之熱反應時間、熱阻及最大熱傳量做性能測試，使學習者對關鍵散熱元件—熱管有更深一層認識。

1. 電子業商用型熱管之解剖構造實體與介紹說明，其毛細結構有：
 - 1.1 直管型結構。
 - 1.2 溝槽毛細結構。
 - 1.3 燒結毛細結構。
 - 1.4 複合毛細結構。
2. 熱傳導特性測試，包括在不同姿態下的：
 - 2.1 熱傳遞反應速率測試，包括不同金屬材料，同時測試與結果比較。
 - 2.2 熱傳量性能測試，包括不同工作溫度點之熱傳量性能測試與技術描述。
 - 2.3 最大熱傳量性能測試。
3. 測試平台：
 - 3.1 可控制加熱量的加熱平台，同時計算出熱量與端平均溫度。
 - 3.2 可控制冷卻端溫度的冷卻平台，以建立高低差狀態的熱傳量量測。
 - 3.3 加熱端，包括直流電源供應器 DC30V、3A 及 T_h 溫度量測與數字顯示器。
 - 3.4 冷卻端，包括交流的溫控水溫裝置。
溫控範圍：室溫+5°C~50°C 及 T_c 溫度量測與數字顯示表。
冷卻水量調節針閥裝置。
 - 3.5 加熱端與冷卻端都包括有接觸定壓力的夾持治具，以穩定接觸狀態。
 - 3.6 熱傳遞反應速率量測，包括有恆溫水槽及計時碼錶。
 - 3.7 45°、90°、0°、-45°及-90°五種固定姿態。
4. 隨裝置附電子業商用型熱管之解剖構造實體與介紹說明看板及教學手冊
5. 外型尺寸：0.85 (W) × 1.2 (L) × 1.8 (H) M。
6. 使用電力：AC220V、5A、單相。

I. 系統概要

0 設備全景



1 系統控制用電氣箱及操作面板

2 加熱器之電源供應器

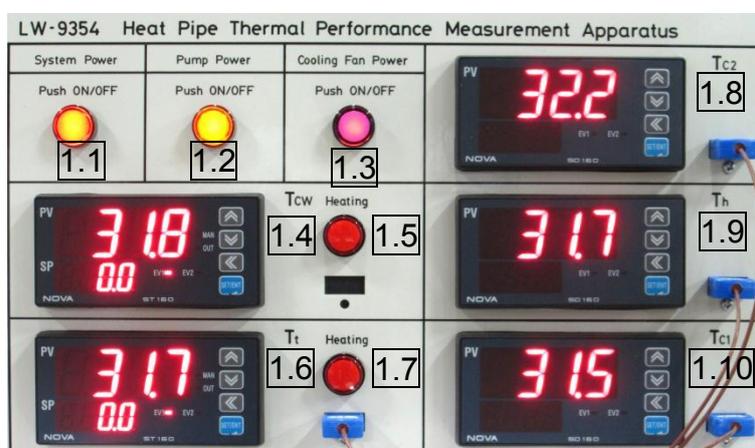
3 熱管熱阻測試台

4 熱管熱反應時間測試台

5 電子商業用熱管構造說明看板與解剖構造

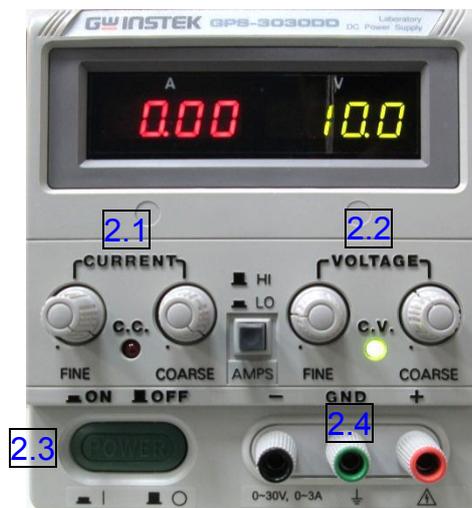
6 冷卻水控制單元（測試桌台下）

1 系統控制用電氣箱及操作面板



- 1.1 System Power：系統電源開關。
- 1.2 Pump Power：冷卻水泵開關（熱管熱阻測試用）。
- 1.3 Cooling Fan Power：冷卻風扇開關（熱管熱阻測試用）。
- 1.4 TcW 冷卻水溫度錶（熱管熱阻測試用）。
- 1.5 TcW Heating：冷卻水加熱器開關（熱管熱阻測試用）。
- 1.6 Tt 水槽溫度錶（熱管熱反應測試用）。
- 1.7 水槽加熱器開關（熱管熱反應測試用）。
- 1.8 Tc2 熱管冷卻端溫度（熱管熱阻測試用）。
- 1.9 Th 熱管加熱端溫度（熱管熱阻測試用）。
- 1.10 Tc1 熱管冷端溫度（熱管熱反應測試用）。

2 加熱器之電源供應器



2.1 輸出電流調整旋鈕：

調整輸出電流大小，可分為粗調（COARSE）與細調（FINE），
最大電流為 3A。

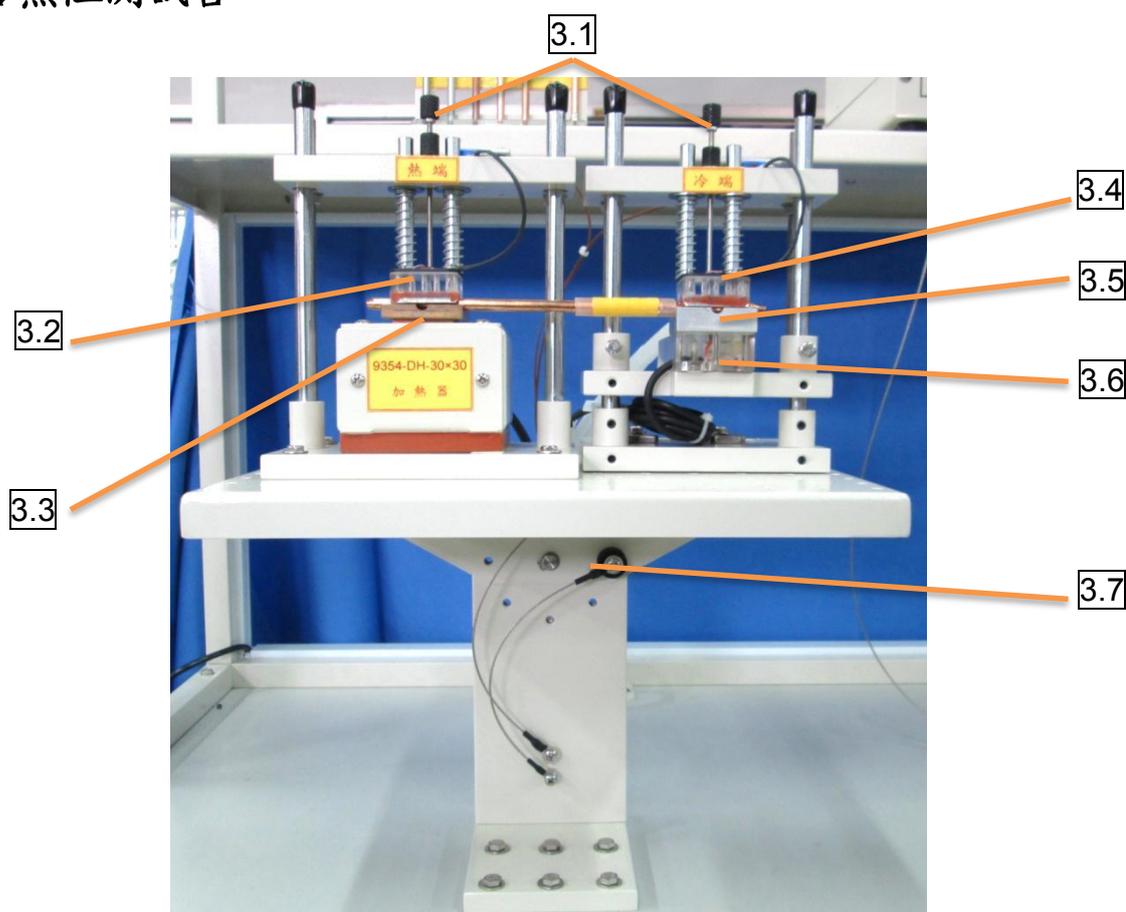
2.2 輸出電壓調整旋鈕：

調整輸出電壓大小，可分為粗調（COARSE）與細調（FINE），
最大電壓為 30V。。

2.3 直流電源供應器開關：開關直流電源供應器。

2.4 直流輸出端子：用於連結輸出電壓與電流。

3 熱管熱阻測試台



3.1 熱管固定治具手拉桿。

3.2 熱管熱端溫度計。

3.3 熱管熱端加熱器。

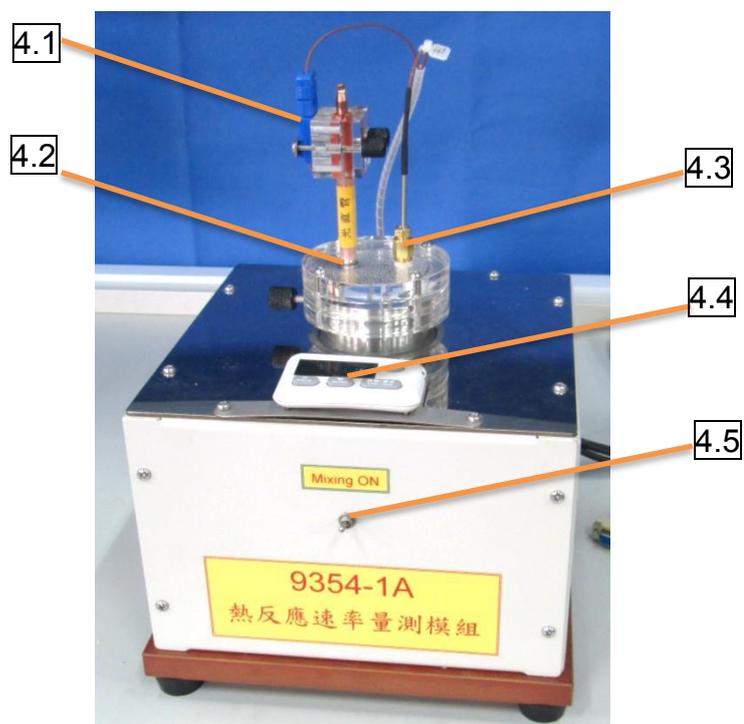
3.4 熱管冷端溫度計。

3.5 熱管冷端水冷卻器。

3.6 冷卻水溫度計。

3.7 熱阻測試台姿態調整裝置。

4 熱管反應時間測試台



4.1 熱管溫度 (T_{c1})與熱管夾持座。

4.2 熱管插入水槽定位孔。

4.3 水槽溫度計 (T_t)。

4.4 計時器。

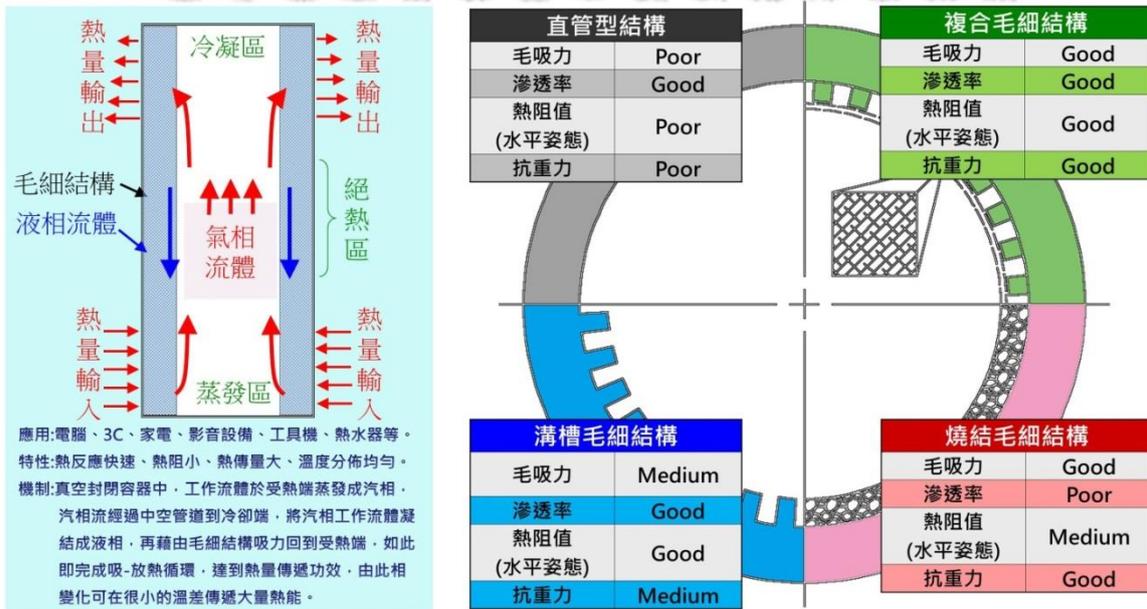
4.5 水槽攪拌器開關。

5 電子商業用熱管構造說明看板與解剖構造

5.1

LW-9354 熱管熱傳特性實驗裝置

電子業商用熱管之解剖構造與說明



5.2 解剖構造

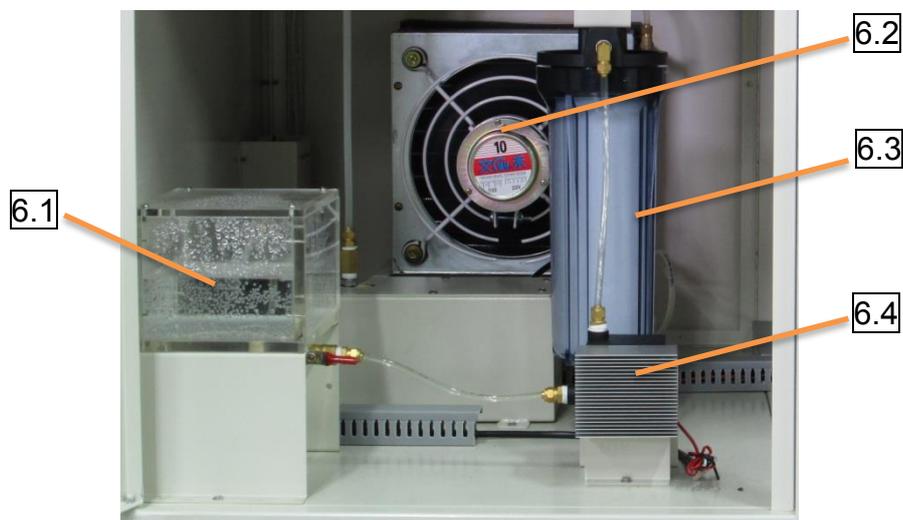
5.2.2



5.2.1 熱管解剖實體。

5.2.2 放大鏡，附小燈。

6 冷卻水控制單元



6.1 冷卻水箱：請保持水另八分滿，並使用乾淨水源，如純水。

6.2 冷卻風扇：由 1.3 Cooling Fan Power：冷卻風扇開關控制。

6.3 濾水器：過濾循環水，並附一顆濾心備用。

6.4 水泵浦：由 1.2 Pump Power：冷卻水泵開控制。

II. 熱管結構及原理

一、前言

熱管的概念首先由 Gaugler 於 1944 年所提出，但在當時並未實用化，一直到 1963 年美國加州大學 Los Alamos Lab. 的格魯佛氏（Grover），申請「蒸發—凝結的熱輸送裝置」之專利後，熱管才開始被廣泛的應用與研究。在早期熱管主要應用於 NASA 太空研究計劃，但隨著電子元件熱密度愈來愈高，產品愈輕薄短小，使熱管逐漸應用於一般消費型電子產品，是目前電子熱傳領域中一相當關鍵的元件。

熱管俗稱熱的超導體，在幾乎沒有傳熱損失下，能快速將熱量由一端傳到另一端。它是由人造結構的物理現象控制達成的熱傳遞，其特性遠遠超過自然界材料本身的特性。而它對電子產品的設計應用上有下列優點。

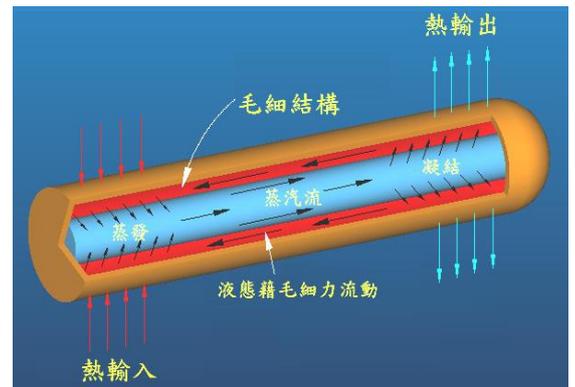
1. 重量：熱管為中空金屬，因此重量將比同體積金屬輕得多。
2. 耐久：熱管沒有活動零件，不會有磨損的問題。
3. 操作簡易：熱管為封閉管，沒有需要持續添加工作液的問題。

目前台灣為全球 IT 產業設計製造的中心，對於關鍵元件-如熱管的研究開發更是相形重要，如何在性能、品質及價格取得優勢，是提升競爭力的要件。

而本熱管性能實驗裝置，針對熱管之熱反應時間、熱管熱阻及熱管最大熱傳量作性能試驗，希望對於有興趣致力於熱管研究的學員，有啟蒙的作用，藉由實際對熱管的性能量測，對熱管特性得到更深一層的認識。

二、熱管結構及原理

熱管結構主要分為三部份，分別是蒸發段、絕熱段、冷凝段，至於軸向的中間部份則稱為蒸氣室。當蒸發段從外部熱源接受吸收熱後，位在蒸發段毛細結構的工作流體便立即蒸發成氣相，因為此蒸氣的生成同時導致了蒸發



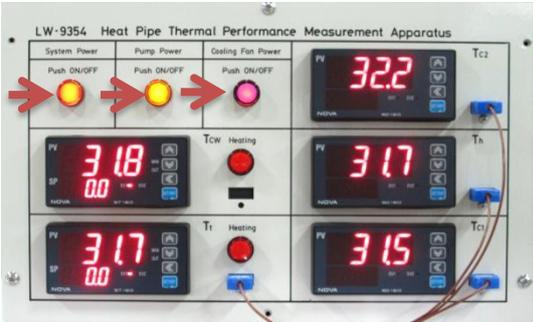
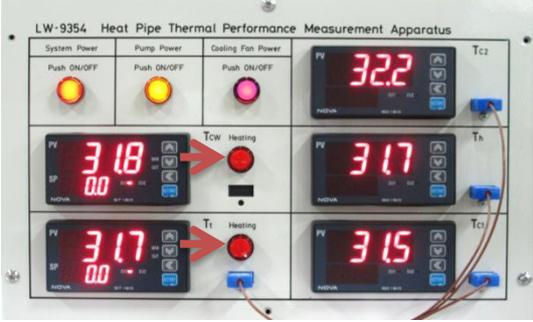
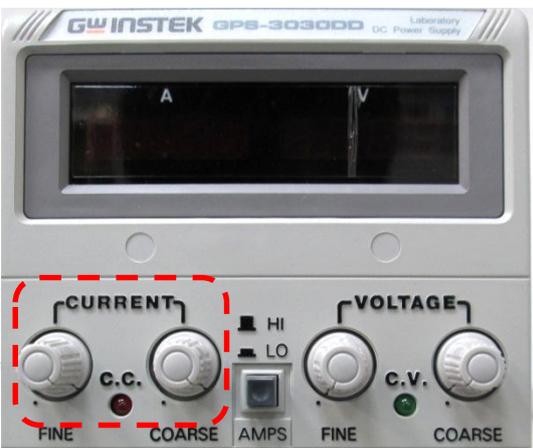
與凝結兩端在蒸氣室的壓力差，所以蒸氣便開始從蒸發段朝向凝結段的方向移動。蒸氣到了凝結段之後便經由凝結的過程將內部除儲存的大量潛熱釋出排放到外界的熱庫，同時工作流體也由氣相轉變為液相進入了毛細結構。然後在凝結段毛細結構的液態工作流體便藉由形成於毛細結構的毛細壓力朝向蒸發段流動以補充蒸發段液體的消耗，構成一散熱迴路。

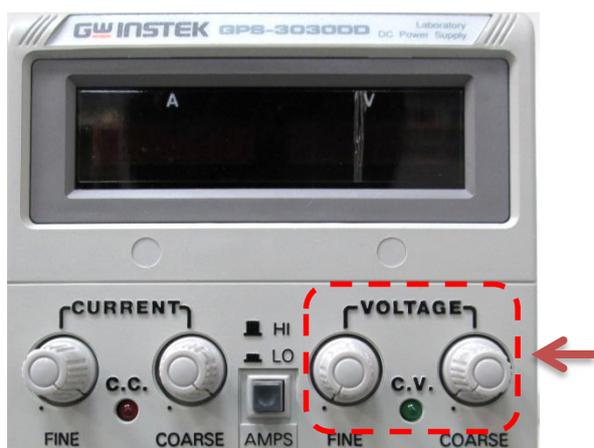
目前市面上比較常見的熱管毛細結構有，銅網、燒結、溝槽等，其之間特性的比較差異如下表：

				
毛細結構	光滑表面	燒結銅粉	溝槽	複合（溝槽+銅網）
毛吸力	差	佳	尚可	佳
滲透率	佳	差	佳	佳
熱阻值（水平姿態）	差	尚可	佳	佳
抗重力	差	佳	尚可	佳

III.操作前置步驟

3.1 系統開機

	<p>Step 1</p> <p>打開 位於機台左側的無熔絲開關</p>
	<p>Step 2 1.3 Cooling Fan Power : 冷卻風扇開關、1.1 Power ON/OFF : 全系統電源開關及 1.2 Pump Power : 冷卻水泵開關。</p> <p>建議暖機時間為 15 分鐘，讓控制面板上之電錶，訊號穩定後，再開始測試。</p>
	<p>Step 3</p> <p>關閉 Heating 按鈕，使加熱器無法加熱。</p>
	<p>Step 4</p> <p>先將 2 加熱器之電源供應器的 2.1 輸出電流調整旋鈕向右旋轉至 Max。</p>



Step 5

再將 **2.2** 輸出電壓調整旋鈕向左旋轉至 Min。



Step 6

打開 **2.3** 直流電源供應器開關。此時數字顯示 **0.00/00.0**，且 C.V. 綠燈亮起。

3.2 加熱溫度設定

根據欲測試的項目對 Tcw 冷卻水溫度（熱管熱阻測試用）或 Tt 水槽溫度（熱管熱反應測試用）進行溫度設定，設定步驟如下：



按一下  鍵，此時 SP 欄位顯示數字閃爍。



使用 、 及  等按鈕調整至欲設定之位數，此處範例設定溫度為 40 度。
按  “Set/Ent”，數字閃爍停止，設定完成。



按下 Haeting 按鈕後，加熱器啟動，待自動溫控功能，將溫度提升至設定溫度。

IV. 操作步驟

本實驗裝置係以 $\phi 6$ 圓管作為熱管性能實驗的主要樣本，可提供熱管性能

基本測試項目有：

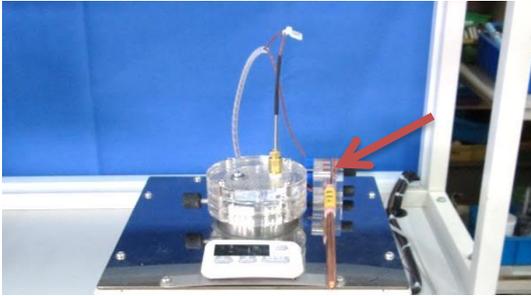
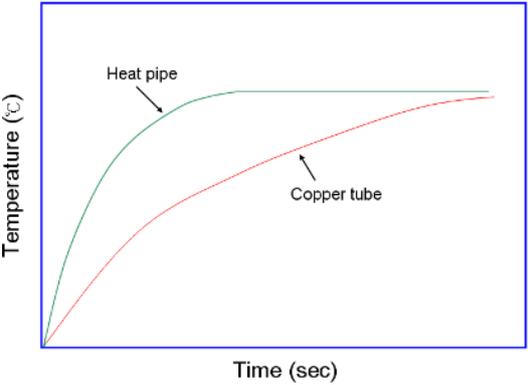
- (1) 熱管熱反應時間測試
- (2) 熱管熱阻測試
- (3) 熱管最大熱傳量測試。

以上測試項目，是目前一般熱管製造廠最常見的測試項目，也是描述熱管性能的重要指標。另外，本設備亦提供不同形式之熱管（複合管、溝槽管...）及管材（紅銅棒、鋁棒...），有助於了解熱管與其他管材熱傳特性的差異。



4.1 熱管反應時間測試

實驗目的是將熱管浸至於熱水槽內，量測其溫度與時間的關係。

 <p>The image shows a digital temperature controller with a red LED display. The top display (PV) shows 45.1 and the bottom display (SP) shows 45.0. There are several control buttons on the right side, including 'MAN', 'OUT', 'EV1', 'EV2', and 'SET/ENT'. The brand name 'NOVA' and model 'ST 160' are visible at the bottom.</p>	<p>Step 1 先開啟 4.5 水槽攪拌器開關，再進行 3.2 加熱溫度設定，將水槽溫度加熱至指定溫度並穩態。 建議加熱溫度 45~70°C。</p>
 <p>The photograph shows a heat pipe being held by a clamp on a blue metal stand. The heat pipe is positioned vertically above a clear plastic water tank. A red arrow points to the clamp holding the heat pipe.</p>	<p>Step 2 選擇欲測試之熱管將其固定於夾具上，注意夾持位置每次實驗需一致。</p>
 <p>The photograph shows the heat pipe inserted into the water tank. The heat pipe is held by a clamp and its lower end is submerged in the water.</p>	<p>Step 3 將熱管插入水槽中，注意插入深度每次實驗需一致。</p>
 <p>The graph plots Temperature (°C) on the y-axis against Time (sec) on the x-axis. Two curves are shown: a green curve labeled 'Heat pipe' and a red curve labeled 'Copper tube'. Both curves start at the origin and rise towards a horizontal asymptote. The 'Heat pipe' curve rises more steeply and reaches the asymptote earlier than the 'Copper tube' curve.</p>	<p>Step 4 記錄熱管溫度 (Tc1) 隨時間的變化關係另外，可利用本設備提供的各種管材，例如紅銅棒、鋁棒、溝槽管..等，比較各種管材熱反應時間的差異性。</p>

4.2 熱管熱阻測試

實驗目的是量測熱管熱端與冷端溫度，再根據加熱器的發熱量，計算熱管的熱阻。

熱管熱阻量測以下列公式計算

$$R = \frac{T_h - T_{c2}}{Q} \quad (^\circ\text{C}/\text{W})$$

其中 T_h 為加熱端熱管溫度

T_{c2} 為冷卻端熱管溫度

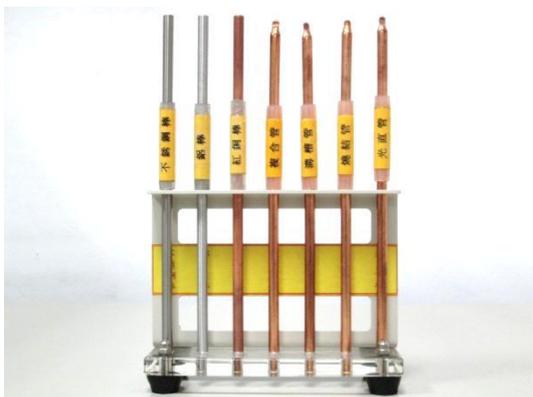
Q 加熱器之發熱量 (W)



Step 1

先進行 3.2 加熱溫度設定，設定 1.4 Tcw 冷卻水溫度錶至指定溫度並穩態。

註：每次實驗冷端溫度需相同才能進行比較，冷端溫度建議設定 30~40°C。



Step 2

選擇欲測試之熱管。



Step 3

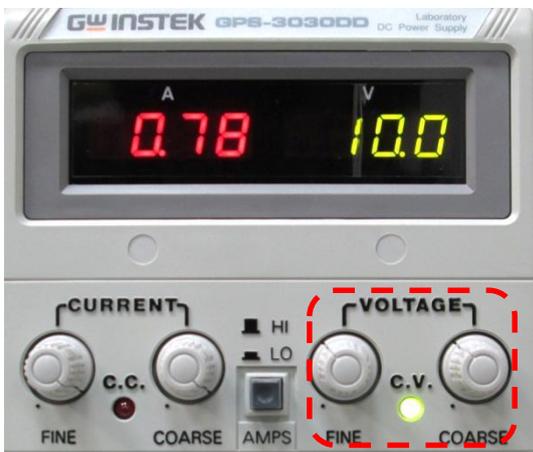
旋轉熱端及冷端之熱管固定夾具上方之手輪，將螺桿提起。



Step 4

將熱管與加熱面及冷卻面接觸位置塗上導熱膏並放入加熱面及冷卻面上的溝槽

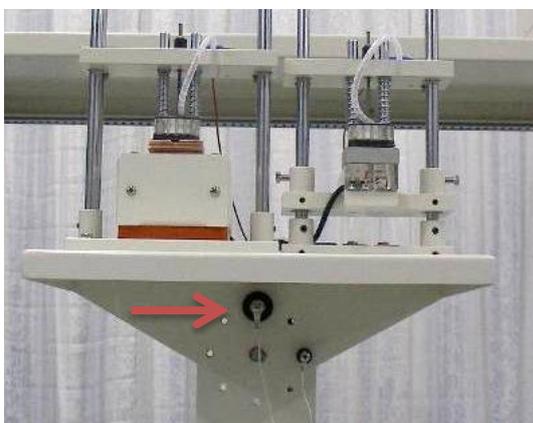
注意：熱管放置位置要一致。



Step 5

利用 2.2 輸出電壓調整旋鈕調整 heater 之輸入熱量至欲實驗的大小，待 T_h 、 T_{c2} 溫度平衡後，紀錄 T_h 、 T_{c2} 及 Q 並計算熱阻。

註：如果發現 T_h 溫度無法平衡，則可能熱管已 Dry out，則須將輸入 heater 之熱量調小，待熱管冷卻之後，再做熱阻測試。



Step 6

本裝置平台亦可作不同姿態角度的調整，可分析熱管於不同姿態角度之性能的變化，角度調整方式可藉由平台下方之定位銷及手輪做調整定位，調整角度 0° 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 。

實驗名稱	熱管熱阻暨最大熱傳量測試			日期	
科系(所)		姓名		學(座)號	
測試樣品	_____ 管， _____ ϕ _____ mm (長)			冷卻溫度	

實驗數據紀錄：

	Th2 (°C)	Tc2 (°C)	Power (W)	$R = (Th2 - Tc2) / Power$ (°C/W)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

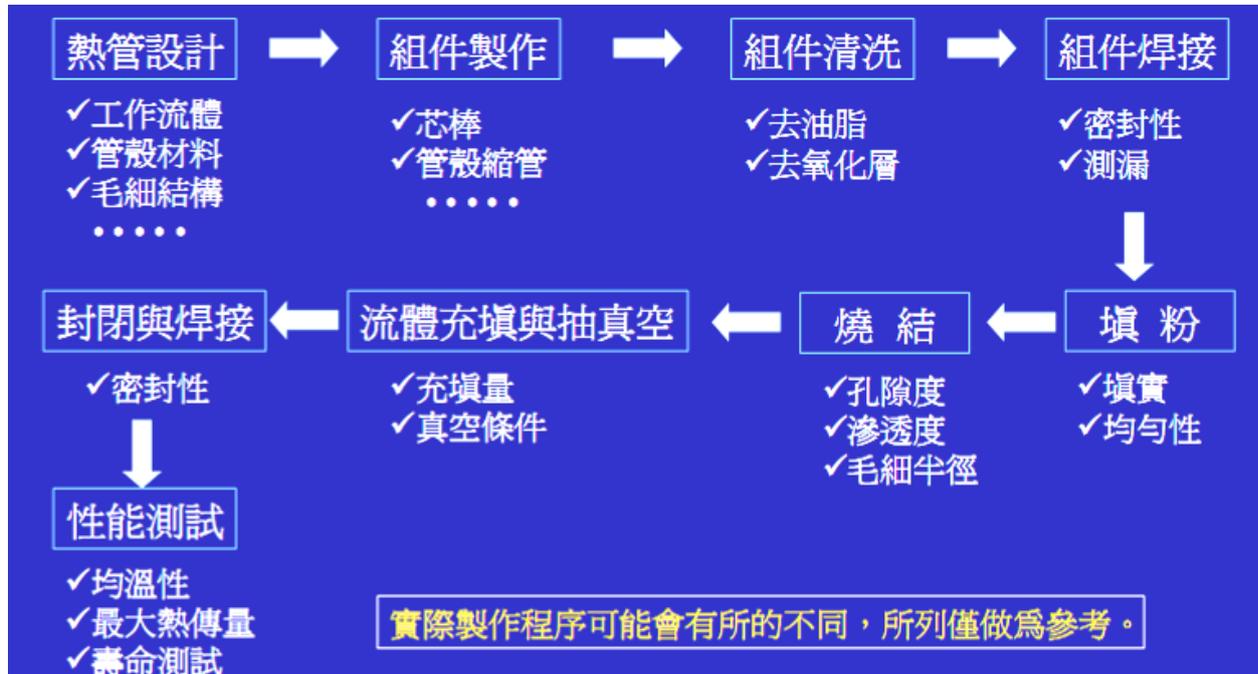
討論：

1. 熱管等效熱傳導係數如何估算？
2. 不同毛細結構對熱阻的差異性？
3. 不同毛細結構對 Q_{max} 的差異性？
4. 冷卻水溫度對 Q_{max} 的影響？

5.2 熱管製作

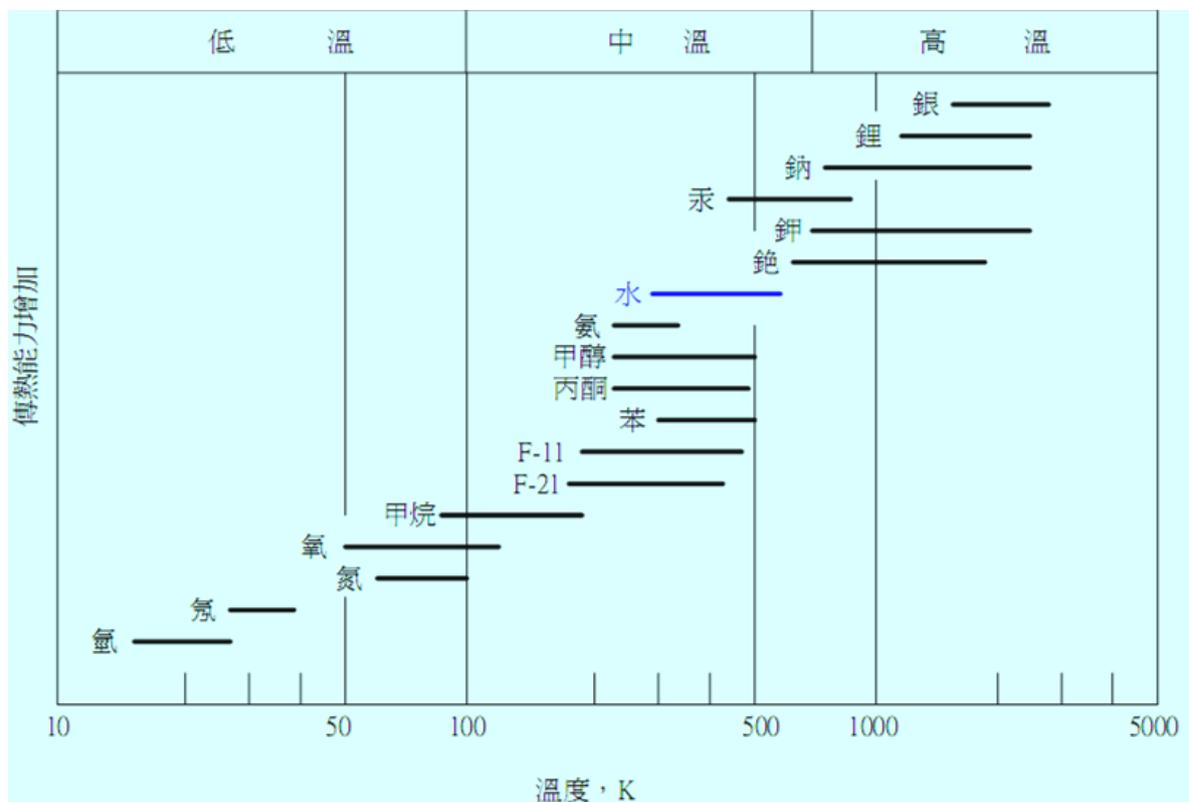
5.2.1 熱管製作流程

燒結型熱管參考製作流程如下：



5.2.2 熱管工作流體之選用

工作流體之溫度應用範圍



工作流體與材料之相容性

工作流體	相容材料	不相容材料
水	不鏽鋼、銅、鎳、鈦	鋁
阿摩尼亞	鋁、不銹鋼、鐵、鎳	銅
丙酮	鋁、不銹鋼、銅	
甲醇	不銹鋼、鐵、銅、鎳	鋁
冷媒	鋁	

5.3 熱管實驗數據參考

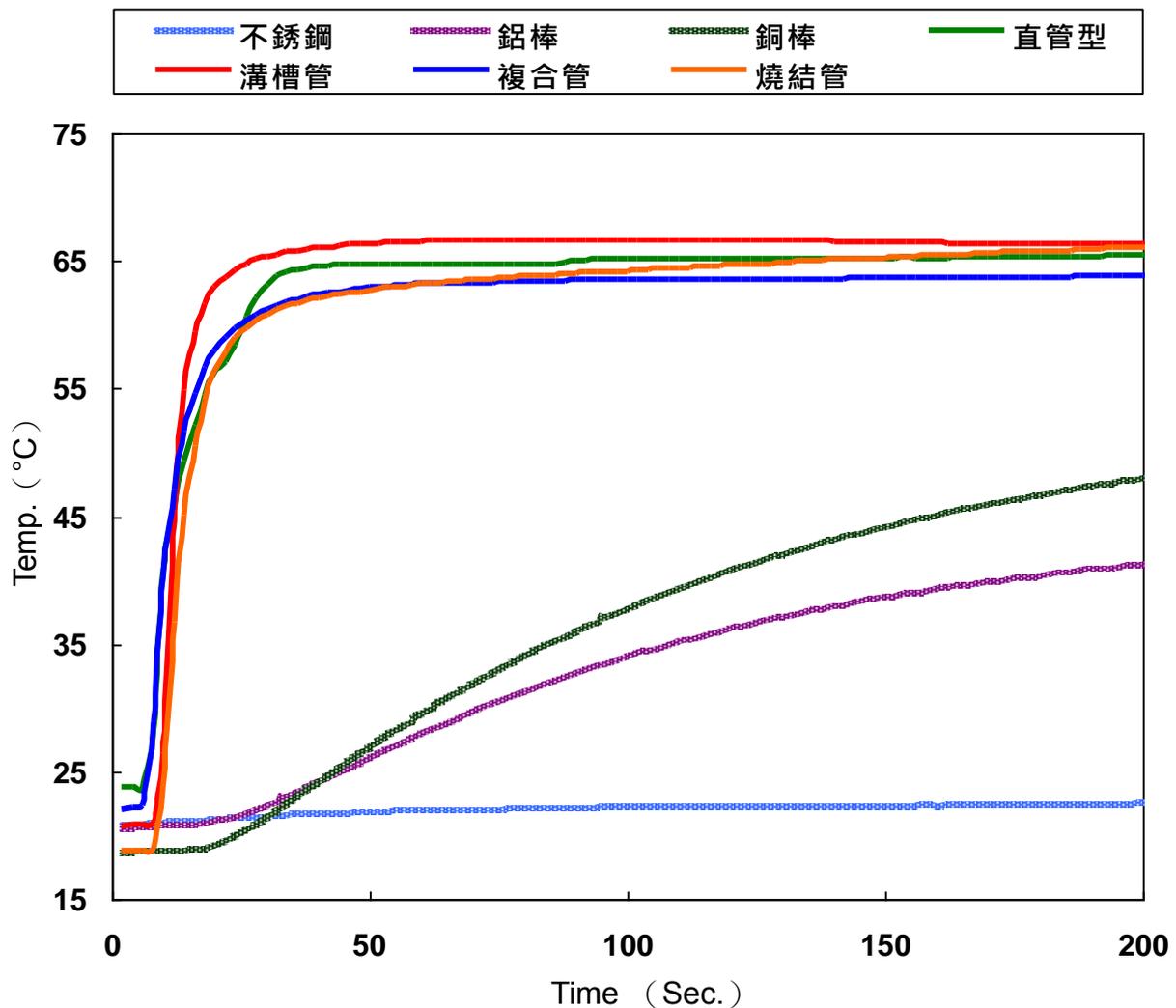
5.3.1 熱反應速率測試

本項實驗裝置提供四種不同毛細結構的熱管及三種實體金屬圓棒，做為測試比對。四種不同毛細結構的熱管分別為：

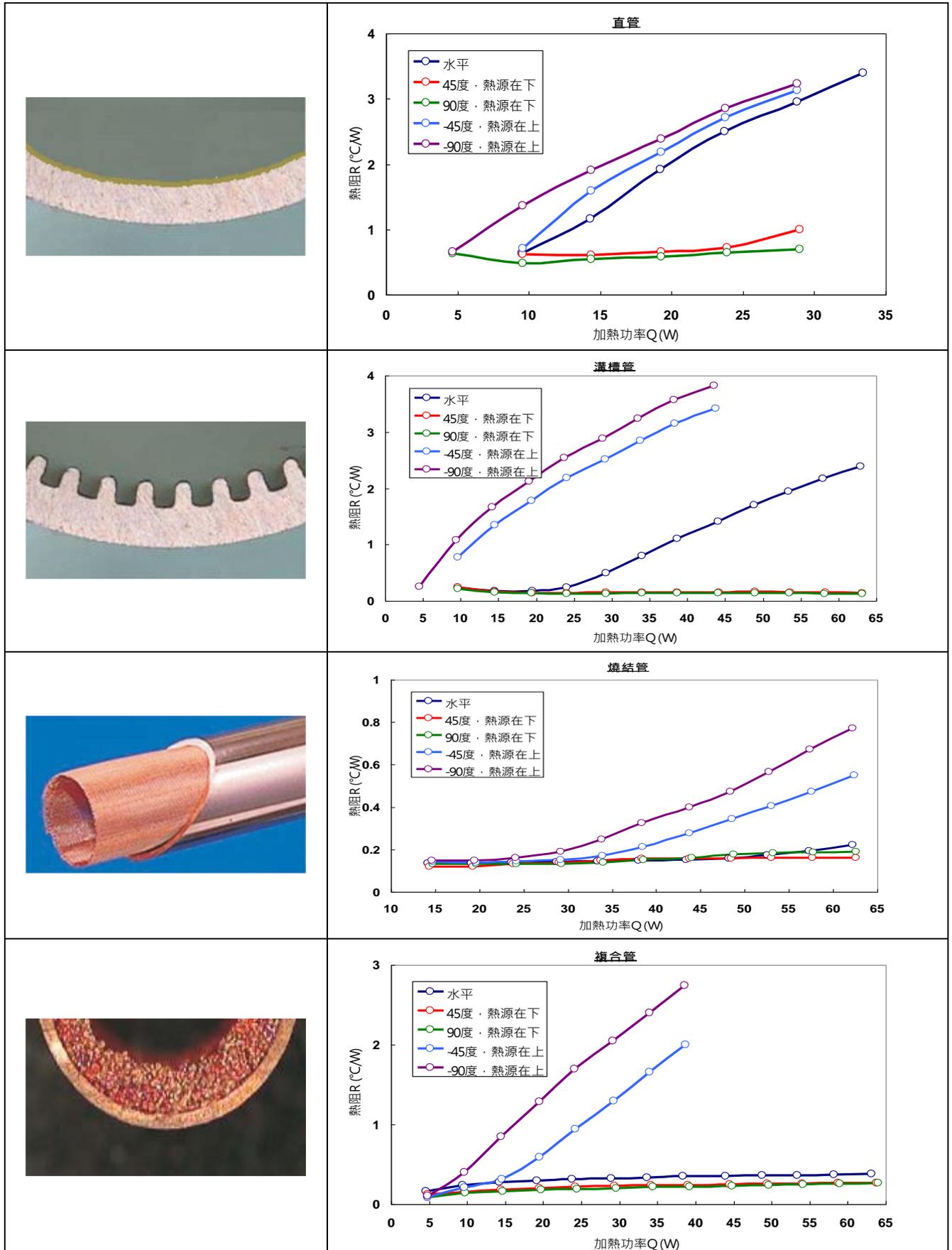
1. 內壁為光滑平面的光直管
2. 內壁為溝槽結構的溝槽管
3. 內壁為粉末燒結結構的燒結管
- 內壁為溝槽結構與銅網覆貼的複合管

三種實體金屬圓棒為：

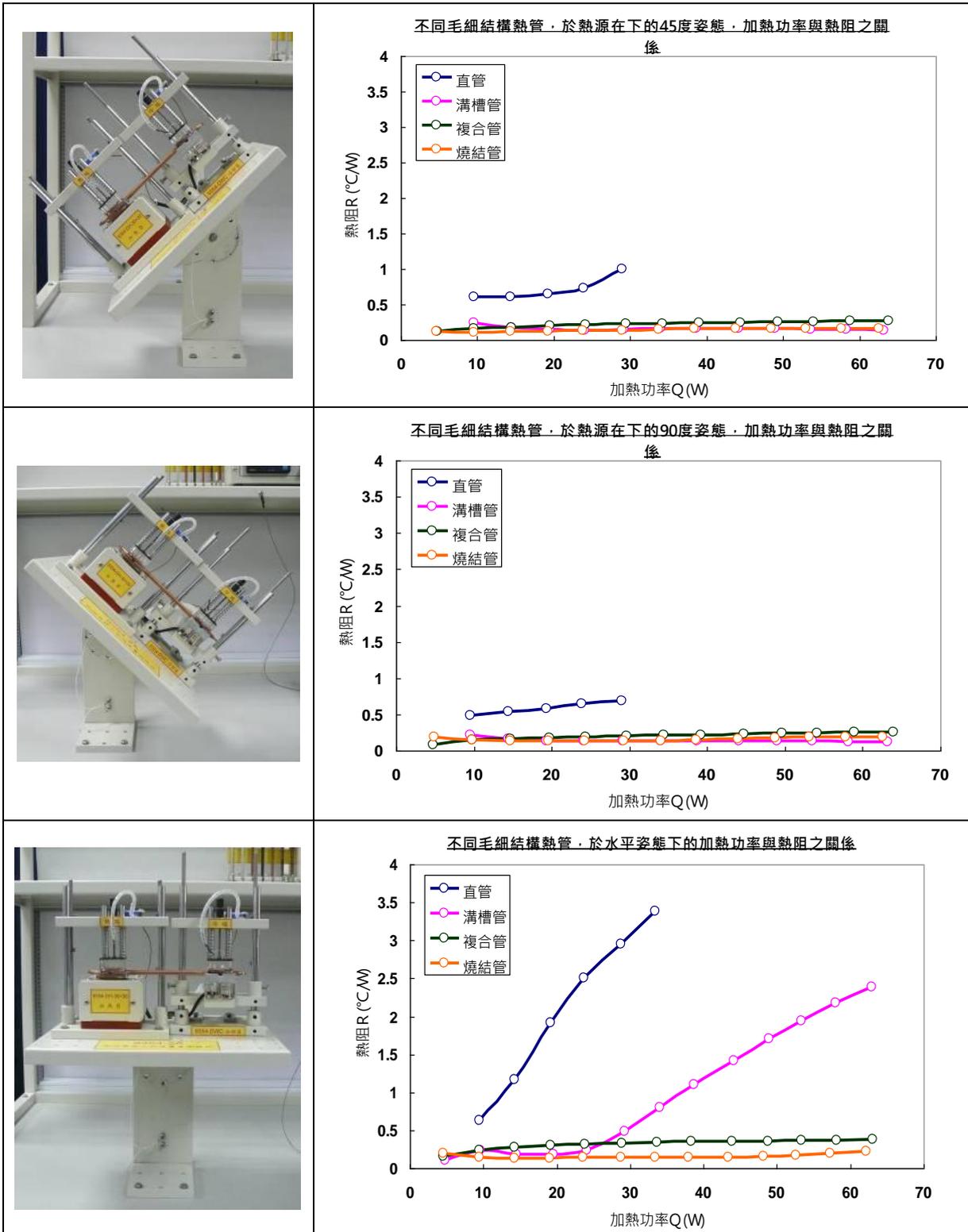
1. C1100 紅銅棒
2. A60061 鋁棒
3. SUS304 不鏽鋼棒

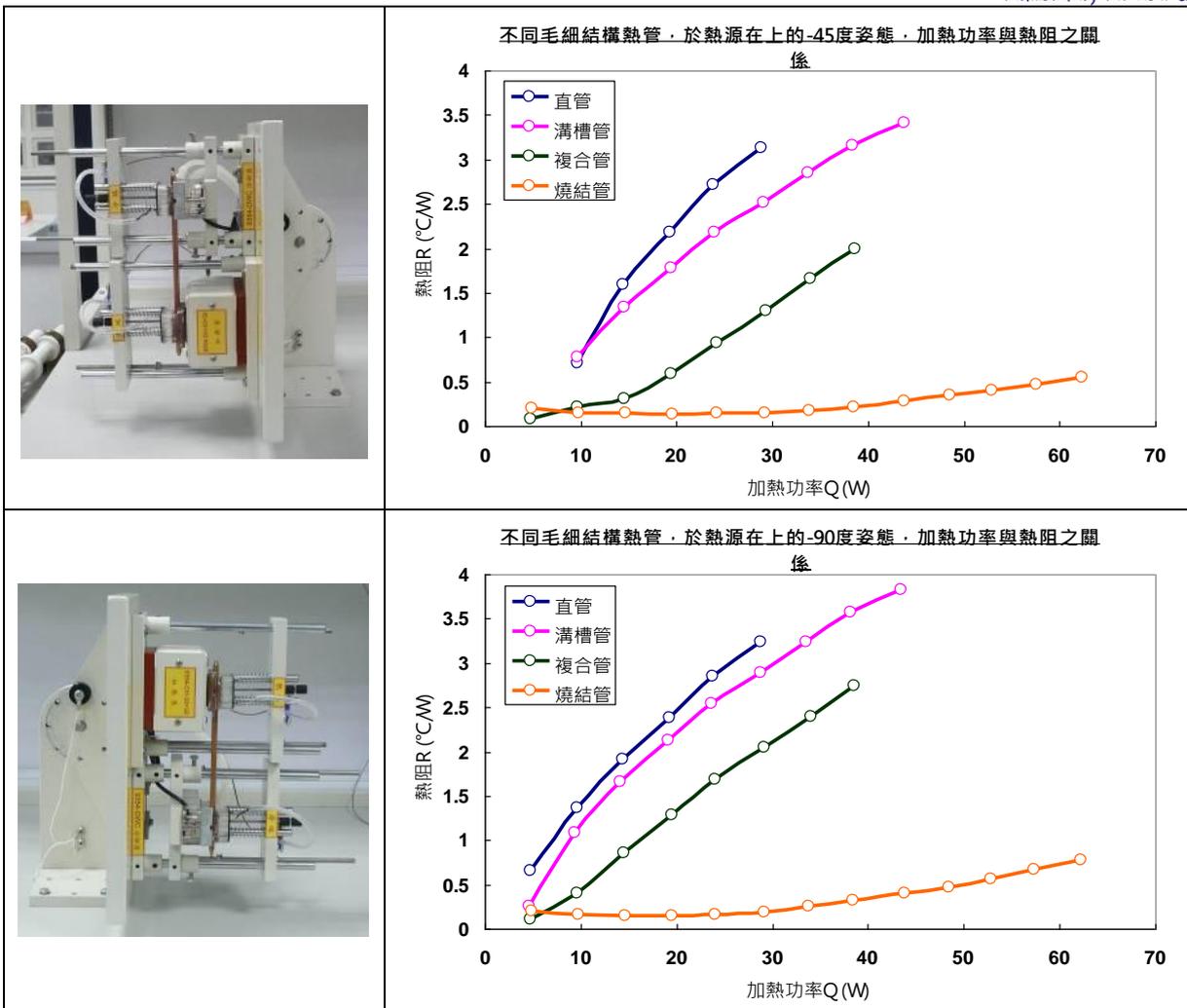


5.3.2 不同毛細構造熱管之熱阻實驗



5.3.3 不同姿態時，熱傳性能之比較





熱管之熱傳性能與熱管的工作流體、真空度、毛細結構、長度、直徑、姿態、工作溫度及熱端功率都有直接的關係，我們在工作流體真空度、長度、直徑及工作溫度的條件固定下，比較不同毛細結構、姿態與輸入功率對熱管之熱傳性能測試，摘要結論為：

1. 熱管垂直姿態時，熱源在熱管下端比在上端時之熱阻要小，大約相差數倍之多。
2. 熱管水平姿態時，依毛細結構之不同，其熱阻由小到大之排列順序為：

燒結管 ≡ 複合管 < 溝槽管 < 光直管。