

出國報告（出國類別：進修）

美國南加州大學  
碩士進修報告

服務機關：國防大學理工學院

姓名職稱：吳柏緯上尉

派赴國家：美國

出國期間：110年12月31日至112年8月18日

報告日期：112年8月31日

## 摘要

職於 2021 年 12 月 31 日依令前往美國南加州大學 ( University of Southern California ) 攻讀碩士課程，專攻機械及航太工程學系之計算流體及固體力學組 ( Master of Science, Computational Fluid and Solid Mechanics Program, Department of Aerospace and Mechanical Engineering )。本次全時進修旨在培養國防大學理工學院機械及航太工程學系之相關儲備師資。職於 2022 年 8 月 18 日完成修業，並於 8 月 21 日回國後返校報到。

於美國的學習過程中，職不僅充分吸收了新知識，並拓展自我學術視野。這段時間也讓我深刻體會到國外的學術環境，並吸取了豐富的專業知識，以利職將這些寶貴的經驗應用於未來在國防大學的教學和研究工作中。

根據「行政院及所屬機關出國報告宗和處理要點」的規定，職撰寫了此份報告，旨在分享進修經歷和所得。這份報告不僅有助於大眾了解相關學習經歷，還可供國內大專院校之教職人員參考。報告中的內容公開，並不包含機密信息。主要內容涵蓋了目標、過程、心得、建議以及參考資料等方面。報告中詳細介紹進修學校的背景和系所情況，並探討了修課制度和評分機制。此外也闡述了進修期間進行的實驗專案計劃，並提供了個人的學習體會和建議。

這段進修經歷對於職個人成長和專業發展具有重要意義。這次寶貴的學習經驗將在未來的教學和研究工作中發揮重要作用，同時也將豐富國內外學術界的知識交流和合作。

# 目次

摘要	i
目次	ii
壹 目的	1
貳 進修過程	2
一 學校介紹 . . . . .	2
二 系所介紹 . . . . .	6
三 修課及評分制度 . . . . .	7
(一) 碩士生進階學術英語課程 . . . . .	7
(二) 機械及航太工程學系畢業標準 . . . . .	7
(三) 論文口試 . . . . .	8
四 論文介紹 . . . . .	8
參 心得建議	10
一 思考時間大於執行時間 . . . . .	10
二 台灣在美國的資源 . . . . .	10
肆 參考資料	13

## 壹 目的

依據 110 年 8 月 20 日「國人培育字第 1100186570 號令」核定，職於 110 年 12 月 31 日赴美國南加州大學 (University of Southern California) 機械及航太工程學系研究所攻讀碩士學位。職於 112 年 8 月 18 日完成所需畢業學分及論文要求，返國歸建。此次進修目的為充實本校機械航太領域師資教育研究能量，並藉與國外民校交流經驗，提升本職學能，除拓展個人國際視野，更可將相關學習經驗帶回，為國軍培育更多優秀之機械航太科技人才。

本篇報告係依據「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」相關規定撰擬，旨在透過此份報告，將個人進修期間之觀察、感受及學習心得分享周知，以提供日後國內大專院校相關行政機械航太科技領域發展與教學人員參考運用。

## 貳 進修過程

### 一 學校介紹

南加州大學（USC）成立於 1880 年，位於洛杉磯市，是美國西海岸最古老的私立研究型大學。該校校址在一個匯聚了世界領先科技、國際貿易和全球娛樂的城市，擁有來自一百多個國家的國際學生，占總人數約 23.8%。USC 是美國大學中擁有最多國際學生的學府之一。這座校園也吸引了來自世界各地的傑出教職員工，為學生提供了國際化的教育學術環境。此外，南加大在全球設立有九個國際辦事處，包括台北、香港、上海、北京、首爾、墨西哥城、聖保羅、孟買和倫敦，主要用於支持國際合作、學術交流和全球入學事務等。南加大的校友網絡龐大，超過 45 萬人遍布全球，其中包括台灣、韓國、香港、上海等地的 20 多個地區性校友組織。USC 以其世界級的教育、國際化的學術氛圍和龐大的校友網絡而自豪，為學生和校友提供了跨足國際舞台的機會和資源。USC 曾是 ARPANET 的早期節點之一，也是



圖片 1：南加大校門

域名系統的誕生地。在這裡誕生了許多不同領域的關鍵技術，包括 DNA 計算、動態規劃、圖像壓縮、VoIP（互聯網電話）和防病毒軟體等。此外，USC 擁有美國排名第一的電影學院、卓越的老齡學院，以及公共政策學院排名第三，工程學院則排名第十。令人印象深刻的是，南加大共有 10 位諾貝爾獎得主，充分展現了其在科研領域的卓越成就。南加大自成立以來持續成長，不僅有位於洛杉磯市區的主要校區（大學公園校區），還在市區北部設有健康科學校區，在橙縣的爾灣設有商學、藥學、社會工作和教育學院。此外，該校在弗吉尼亞州阿靈頓郡以及馬里蘭州的雷德利所設有信息科學研究所，公共管理學院則位於加利福尼亞州沙加緬度的衛星校區。南加大的大學公園校區地理位置優越，位於洛杉磯市內，距離聖殿劇院、斯台普斯中心和洛杉磯紀念體育場等著名地點僅有步行距離。對於電影製片人來說，這裡是一個理想的拍攝場地，因此許多電影和電視劇中的場景，如哈佛大學和加州大學伯克

萊分校等，都在這裡取景拍攝。校園的建築風格多樣，有羅馬式建築，同時也有現代主義建築，比如宿舍樓、工程學院和物理科學實驗室，尤其是校園北部兩棟精緻風格的宿舍樓，與大部分紅磚建築形成鮮明對比。南加大校園風景如畫，與周圍的市區環境形成強烈對比，給人留下難以忘懷的印象。



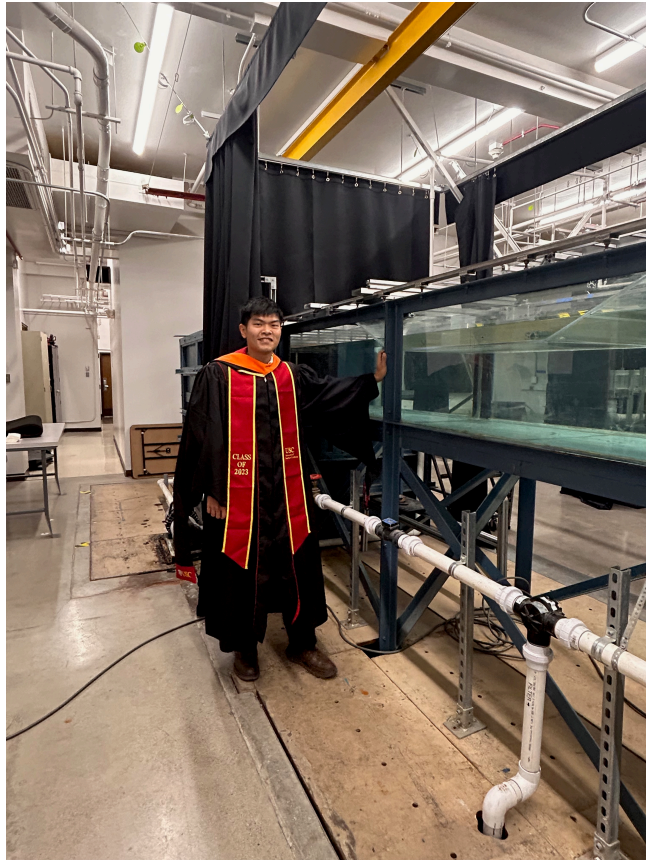
圖片 2：USC 校園書城



圖片 3：USC 地標



圖片 4：USC 代表奮鬥精神的 Trojan 銅像



圖片 5：水道實驗室



## 二 系所介紹

南加大工程學院以最大捐贈者姓名 (Andrew and Erna Viterbi) 命名為 Viterbi School of Engineering，其下包含航太系、太空系、資訊系及化學工程系等 10 個學系，職所就讀之機械及航太工程學系主要研究領域為「先進製程 (Advanced Manufacturing)」、「仿生學 (Biomechanics and Biotransport)」、「燃燒與推進 (Combustion and Propulsion)」、「物理及數據計算模擬 (Physics- & Data- Informed Computational Modeling)」、「設計資訊 (Design Informatics)」、「自動控制 (Dynamical Systems and Controls)」、「流體及空氣動力學 (Fluid Mechanics and Aerodynamics)」、「工程材料 (Materials)」、「微、奈米科技 (Micro-Nano Technology)」、「機械人科技 (Robotics)」及「固體力學 (Solid Mechanics)」等 11 種領域，而廣泛的工程科學教育和研究對於開發新穎複雜之機光電系統至關重要，故其強調跨領域整合，許多研究都跨足其他許多學科的研究成果才得以完成。另外南加大的機械航太系積極支持多個學生領導的設計及建造競賽，包括 AIAA Design/Build/Fly 競賽、Formula SAC 的內燃機及電車賽車競賽，以及太空系的人力車挑戰，參賽人員包含各年級的志願者、研究生及教師。



圖片 6：與工學院合影

### 三 修課及評分制度

南加州大學課程每年可分成春、夏及秋季三學期，其中夏季課程主要以實驗、次要課程及補修為主，夏季課程僅兩個月，故上課節奏及作業頻次會較緊湊，多數學生夏季會以實習或是實驗為主，以下針對英語課程、專業課程及畢業標準做說明：

#### (一) 碩士生進階學術英語課程

南加大對於英語托福成績並未設立特定合格分數，惟國際生在錄取後，第一學期開學前均須先完成語言中心辦理之英語口說、寫作測驗，達合格標準可不用修習英文學分，若成績未達標，需依成績選修不同程度之學術口說及寫作課程。職開學前測驗未達標，故在第一、四學期分別選修「學術及專業寫作」與「學術及專業口說技巧」課程，各兩學分。其中在「學術及專業口說」課程中特別有成效，因在台灣期間沒有太多使用英語的機會，口說技巧大多侷限於考試及課堂中使用，故起初踏上美國國土時，說話總是會詞不達意，而此課程中，老師細心教導英語之「口說節奏」、「常用、慣用語」及「簡報技巧」，課堂後更要求學生以饒舌歌曲訓練英語口說語速，並且在課餘時間都有機會與各國學生交流文化及美食，加強日常口說。「學術及專業寫作」的部分，則以論文寫作、論文倫理為主要教學內容，於學期中、學期末各寫一份自己命題的論文結論，利用「改寫」及「論述」的方式訓練碩士論文所需技巧，以避免有碩士論文抄襲之嫌疑。

#### (二) 機械及航太工程學系畢業標準

南加大機械及航太工程（計算流體與固體力學）碩士學位，旨在使學生能夠在工程的專業領域內以高級水平完成各項工程任務，並運用其他工程學科的專業知識來解決問題。學生通過使用現代工具設置實驗和解決問題，並借助與同儕的互動，提高解決問題的技能。此外，該學位介紹「複雜流體」和「固體結構」之系統分析及設計中使用之計算模擬技術和工具。此學位課程提供了基本學科的必要背景，包含固體力學、流體力學、熱傳、工程數學和數值方法等。該計劃為學生在未來就業，從事流體和固體力學計算相關之工具開發等，充實所需知識，另也為追求更高學位（工程師和博士學位）提供了必要的背景，包含計算流體力學、計算固體力學和計算熱傳。

其畢業條件為專業課程修課至少 27 學分（包含 18 學分碩士以上課程），其中必修「工程計算分析」課程，且需有 15 學分為核心課程，另要求一門「流體、固體動力學」及「數值方法」課程，且平均分數 (GPA) 需達 3.0 以上，始達畢業標準。

南加大評分制度採用 GPA 4.0 制，區分 12 個等第 (A:4; A-:3.7; B+:3.3; B:3; B-:2.7; C+:2.3; C:2; C-:1.7; D+:1.3; D:1; D-:0.7; F:0)。

### (三) 論文口試

碩士論文為非必要之選修課程，通常為有意攻讀博士之學生，依個人興趣及需求，經指導教授同意後選修。發表論文所需條件為：需連續修習兩學期之課程，碩士論文(一)及碩士論文(二)，並於期末由三位委員完成口試，始可發表論文。

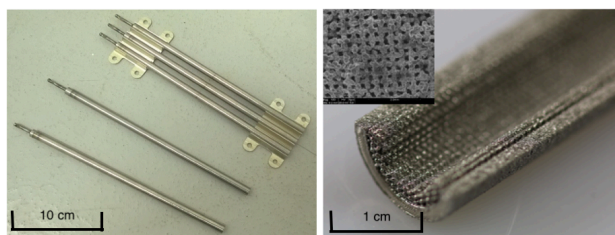
## 四 論文介紹

職此次進修係以「熱傳導」及「流體力學」為主要攻讀方向，故選擇「熱與流體交互作用」實驗室作為論文研究地點，並由 Mitul Luhar 教授指導，「3D 列印孔隙材料熱管理」為題執行研究及撰寫論文。

熱管理是現代科技系統中不可或缺的關鍵技術之一，它對確保這些系統的正常運作和長壽命至關重要。從電子設備到航太器材再到能源系統，高效的熱傳輸是確保這些技術領域的成功運行的基礎。因此，熱管理系統的設計變得越來越關鍵，並在不同行業中扮演著重要的角色。

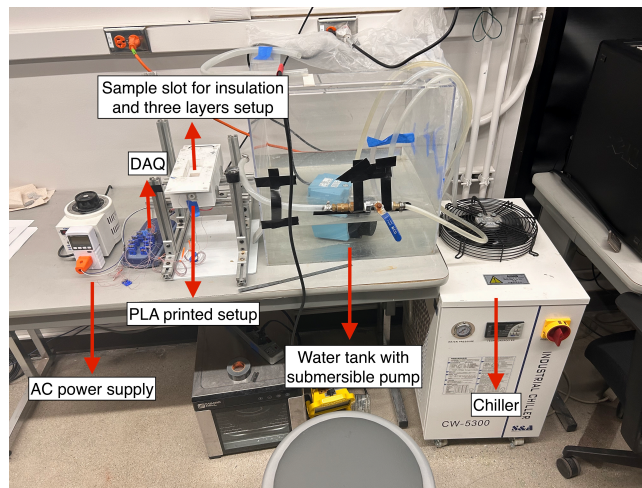
為了應對對有效熱管理不斷增長的需求，科學家和工程師不斷地探索新的材料和技術，以提高熱管理系統的性能。金屬絲網是一種極具潛力的材料，因其高度多孔的特性而受到關注。它具有大面積，能夠高效地散熱，這使得它在各種系統中都能夠發揮作用。特別是在散熱管等設備中，金屬絲網的應用已被證明非常有效，能夠有效地將熱能傳遞到周圍環境中。

近年來，3D 列印技術的發展為設計和製造多孔材料開辟了全新的可能性。3D 列印能夠以高效的方式製造具有複雜幾何形狀和結構的物品，這些物品在傳統的製造方法中難以實現。對於熱管理系統而言，這項技術可實現高效的散熱材料的製造，並可能徹底改變這些系統的設計和性能。這種革命性的進步將有助於提高許多技術系統的效率，同時也為未來的熱管理創新帶來了無限可能。

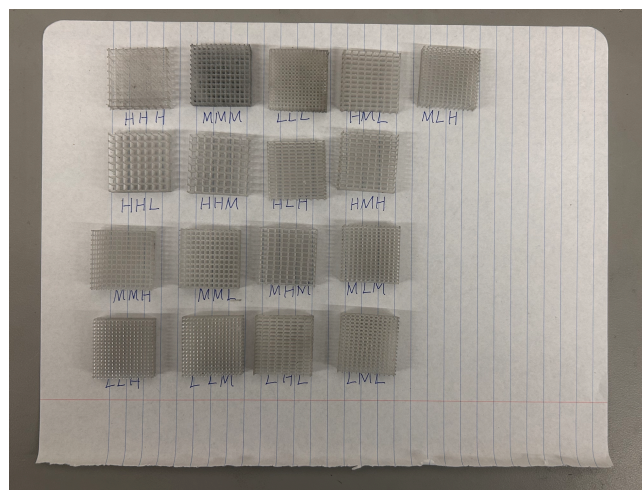


圖片 7：3D 列印金屬網在熱管理系統中的實際運用

本論文對具有孔隙率從 70% 到 90% 的 3D 列印多孔樹脂樣品的有效熱傳導率進行了分析和實驗研究。總體目標是探索晶格結構和孔隙率對多孔材料熱傳導之影響。為了測量多孔樣品在水中的靜態熱傳導，建置實驗設備。多孔材料夾在兩個導熱的銅板之間。在上方使用加熱器提供均勻的熱源，下方則為定溫流動的水。使用熱電偶測量上下板的溫差，並依垂直溫度梯度估計有效熱傳導率。而後將實驗數據與「參數模型」以及「先前文獻中提出的經驗公式」進行的預測實施比較。結果顯示，孔隙率是確定多孔材料熱傳導率的關鍵因素，較高的孔隙率導致較高的熱傳導係數，因為孔隙中的水，其熱傳導率高於實驗中使用的固體樹脂。對於具有非均向孔隙結構的材料，測試表明具體的孔隙幾何結構也會影響材料的熱傳導率。先前文獻中對金屬網絲的經驗參數，對本研究中的測量結果進行了合理的預測。這表明類似的經驗公式，也可能適用於由金屬製造的 3D 列印多孔材料。然而，特定孔隙幾何結構的影響必須納入考量。



圖片 8：實驗設備之架設



圖片 9：3D 列印之樣本

## 參 心得建議

### 一 思考時間大於執行時間

這次的進修經歷讓我深刻體驗到美國教授們培養學生思考能力的方式，與台灣的教育體系有著明顯不同之處。在台灣，修課時的作業大多是課本後的練習題，或者是與課堂中案例類似的問題。因此，在課堂時間通常會佔據大部分時間，而作業時間相對有限。然而，在美國修課期間，教授們設計的作業更具多元性，有些是關於課堂內容的延伸問題，需要學生思考公式的應用條件等特殊案例。另外，一些作業可能會根據相關論文或實際案例出題，要求學生運用課堂所學的知識來解決問題，有時甚至需要借助教學助理或博士生的幫助才能理解解題方法。因此，在美國，寫作業的時間明顯比課堂時間更多，且作業的難度和多樣性更高。此外，研究方面的教學方式也有所不同。美國的指導教授常常以問題來引導學生思考，例如：“你想如何解決這個問題？”。這種討論的方式常常讓學生們在交流中解決問題，並且可能會獲得出乎意料的結果。然而，這種教學方式的缺點在於，教授需要額外的資源來承擔犯錯後的結果。如果學生提出的解決方案不如預期，可能會導致實驗經費的浪費。因此，不同的教學方式各有利弊，需要根據具體情況來選擇最適合的方法。

### 二 台灣在美國的資源

在課外活動方面，我非常榮幸有機會參加僑委會舉辦的搭橋計畫，這個計畫由世界華人工商婦女企管協會主辦，並得到僑務委員會洛杉磯華僑文教服務中心的協助。該計畫的主要目的是增進台灣青年對政府僑務工作的認識，同時也拓展他們的國際視野，並建立海外人脈關係。原本，這個計畫是讓台灣學生前往海外參加的，但由於當年的疫情考量，我們海外留學生有幸能夠現地參加。

透過這個計畫，我在美國期間有機會深入觀察台灣僑民在美國建立的工廠、企業等各種方面的成就。這使我更深入地了解國際趨勢，並與來自台灣的專業人士進行交流。這次經歷讓我豐富了自己的知識，並建立了寶貴的國際人脈關係。

此外，因為在美國生活了一段時間，我有幸能夠參與這個計畫，並與一群來自台灣的哥哥姊姊們分享他們的美國生活經驗。這樣的交流讓我感到溫暖，並使我更加深入地理解了在國外生活的挑戰和樂趣。這個經歷對我而言是一個難得的機會，讓我在進修的同時，也擴展了自己的視野，充實了人生的經歷。

此外，洛杉磯也擁有一座台灣會館，這個地方提供了豐富多彩的課程，如跳舞和書法等，讓



圖片 10：洛杉磯 111 年搭橋計畫合影



圖片 11：洛杉磯 111 年搭橋計畫參加祭孔大典

留學生可以在課餘時間進行學習和娛樂。而每當農曆新年、感恩節等重要節日來臨時，台灣會館都會舉辦豐盛的美食宴會，讓遠離家鄉的台灣留學生能夠感受到回家的溫馨氛圍。在這些活動中，我們不僅能品嚐到美味的台灣料理，還能參加卡拉 OK、跳舞等各種娛樂節目。這些時刻讓我們彷彿回到了台灣，感受到了家的溫暖和親切。這樣的聚會不僅拉近了留學生之間的關係，也讓我們在異鄉找到了屬於自己的家的感覺。



圖片 12：台灣會館辦理感恩節大餐聚會

## 肆 參考資料

- [1] “南加大校門” [online]. Available:  
<https://www.tlcc.com.tw/university-of-southern-california.html>
- [2] ”南加大校園歷史”[online]. Available:  
<https://taipei.usc.edu/prospective-students/meet-usc/>
- [3] “南加大夜景” [online]. Available: <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>
- [4]”3D 列印金屬網在熱管理系統中的實際運用”: R. J. McGlen, “ An introduction to additive manufactured heat pipe technology and advanced thermal management products, ” Thermal Science and Engineering Progress, vol. 25, p. 100941, 2021.