

出國報告（出國類別：進修）

# 赴美國奧本大學進修機械工程碩士 心得報告

服務機關：國防部軍備局第二〇二廠

姓名職稱：黃允宥上尉

派赴國家：美國

出國日期：110年8月10日至112年8月9日

報告日期：112年10月30日

## 摘要

本次進修係奉國防部 110 年 8 月 3 日國人培育字第 1100170621 號令核定赴美國奧本大學 (Auburn University) 進修機械工程碩士 2 年，進修期間自 110 年 8 月 10 日至 112 年 8 月 6 日止。職於美國時間 112 年 8 月 6 日完成進修後，搭機返國報到，於臺灣時間 8 月 8 日返臺，並於隔日返回原單位軍備局第二 0 二廠報到，於國防部核定文令律定修業期限 8 月 12 日前回國，在學 2 年進修期間內取得碩士學位。

本案報告內容主要為赴美進修 2 年期間之學系過程及修業心得，綱要有目的、進修過程、心得與建議及參考資料來源等項，碩士期間主要修業科目計「高等工程數學」、「數值分析」、「多尺度接觸力學」、「高等動力學」、「感測器應用基礎」、「聚合物結構與製造」、「柔性結構工程」、「高等傳動系統」、「生物機械工程」、「高等機械設計與製造」等 10 門課目，修業期間接觸不同工程專業領域之學生，學習反思及交流研討不同論點，以精進本職學能。

## 目次

壹、 目的-----	4
貳、 進修過程-----	4
參、 心得與建議事項-----	17
肆、 畢業證書-----	20
伍、 參考資料-----	21

## 壹、目的

本報告係依「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」規定辦理撰擬，旨在提供職於進修期間之研究及學習心得，提供相關人員參用，全案係奉國防部 110 年 8 月 3 日國人培育字第 1100170621 號令辦理。

職自 110 年 8 月 10 日至 112 年 8 月 6 日止，赴美國奧本大學（Auburn University）進修機械工程學系（Mechanical Engineering）碩士 2 年，在學期間計修習 10 門課目，畢業專題係配合教授專題研究進行升降梯設計，藉由觀念設計、現地實勘、成本計算、結構模擬、纜線及介面設計、小組討論等面向，熟習完整產品設計流程，並精進 Solidworks 軟體應用及 CNC 車銑機具操作技能，期能於過程中，深入學習研發設計流程，將海外學習歷程與過去研發工作經驗相結合，以作為後續機電整合設計應用之參考。

## 貳、進修過程

### 一、學校簡介

奧本大學（Auburn University，簡稱 AU）於 1856 年建校，位於美國阿拉巴馬州東部奧本市（Auburn City, AL），奧本市人口約 7 萬人，距離美國東南方最大之城市亞特蘭大（Atlanta）約 1.5 小時車程，氣候舒適溫和，且治安好、犯罪率低，是個環境友善、適合學習的大學城。

奧本大學校園面積為阿拉巴馬州占地最大之學校，亦為該州排名第一學府，校內設有 206 座學術大樓，更建有可容納 55 架飛機之機場，該校於全美綜合大學排名前 100 名、最佳公立大學排名前 50 名、全美工業相關科系碩士學程排名第 31 名，在校學生人數超過 3 萬人；另由於阿拉巴馬州汽車製造業及航太工程發達，許多世界知名品牌車廠及美國太空與火箭中心均設立於該州，進而帶動奧本大學工程科系之專業排名及就業機會，該校因其發展為以工程學系聞名之公立綜合研究型院校，每年順利畢業且成為工程師人數位居全美前 20 名。

除工程科系之名氣，奧本大學各類體育校隊的競技成績同樣卓越，共計奪得 21 次全國冠軍、10 餘面奧運金牌，校內運動風氣盛行，93%之畢業生表示會再次選擇奧本大學，「普林斯頓評論」更評選奧本大學為「生活質量最佳大學」，知名校友包含：Tim Cook（蘋果公司現任執行長）、Jimmy Wales（維基百科聯合創始人）、Charles Barkley（NBA 球星）、Lloyd Austin（美國現任國防部長）、Kay Ivey（阿拉巴馬州現任州長）以及在阿波羅太空行動中的著名太空人 Kenneth Mattingly II 等，畢業校友在各領域均有傑出表現。

奧本大學修課採學期制，一學年計有 3 學期，分別為秋季（8-12 月）、春季（1-5 月）及夏季（6-8 月），秋季及春季包含期末考週約 16 週，各學期以 1 至 2 週假期間隔，夏季學期採自由選修，主要提供學生時間安排實習及實驗課程，在秋、夏季校方經常舉辦就業博覽會，邀集業界公司到校提供學生實習機會，以推展產學合作，積極推廣實務應用。

## 二、課程修業

依奧本大學之修業規定，機械工程碩士學位取得方式區分課程學分取得及論文撰寫二種，本次進修之學程為 Master Direct Program, MS Mechanical Engineering, Non-Thesis，屬課程學分取得，無論文撰寫選項，畢業門檻需至少修畢 30 學分（機械工程專業至少 21 學分、工程相關專業至少 9 學分），並於畢業申請學期配合指導教授研究計畫，完成畢業專題報告，學業成績要求績等（GPA）須達 3.0 以上，職最終修畢 36 學分（包含 3 學分國際學生學術寫作課程及 3 學分專業能力發展），平均 GPA3.17，達畢業門檻。（GPA 區分 A 至 F 等第，換算對應成績為 A:4.0、B:3.0、C:2.0、D:1.0、F:0）

### 三、課程介紹

職進修科系為機械工程系 (Mechanical Engineering)，主要修習課程分為工程數學應用及機械專業領域課程二大類，課程說明摘述如后：

(一) 有關工程數學應用部分，計修習高等工程數學 (Advanced Engineering Analysis) 及系統狀態變量分析 (Numerical Analysis) 二門課程，旨在面對工程問題時，能以正確之方程式求解，並能運用軟體，設計編碼規則，以進行工程問題模擬與分析；課程內容包含多項式近似值數值積分、常微分方程式的數值解、誤差分析、矩陣應用、常線性微分方程分析、拉普拉斯轉換和 Excel 及 MATLAB 應用，課程著重經典方程式之推導與證明及工程問題於軟體上之模擬應用，讓學生練習如何將複雜的應用題轉化為基本的計算題，並藉由電腦軟體節省繁複的計算時間，為職在後續機械專業領域課程奠定良好基礎，亦先期熟習各項數學符號、方程式及專有名詞之英文表達。

(二) 在機械專業領域課程，職依其專業領域分為三大類，分別為材料力學、動力學及專業工程應用，合計修習 8 門課目，各類說明如后：

1、材料力學類課程計有聚合物結構製造 (Manufacturing of Polymeric Structures) 及柔性結構工程 (Engineered Flexible Structures)，課程內容主要描述聚合物形態如何影響聚合物之整體性質和行為，另詳細介紹各種聚合機制及其潛在之動力學及熱力學特性，並說明各種聚合物結構之實際技術應用；柔性結構工程更實際讓學生運用纖維、紗線和織物進行產品設計，讓學生須預先考量柔性纖維結構力學、柔性材料性能及製造方法等面向，再著手進行期末報告；此外，教授亦時常補充材料和高分子科學方面之文獻研究，讓學生多元了解未來發展趨勢及諸多現代科技運用實況。

2、動力學類課程計有多尺度接觸力學 (Multiscale Contact Mechanics) 及高等動力學 (Advanced Dynamics)，在多尺度接觸力學課程中，

首先需理解彈塑性體間的接觸形式及其對摩擦、磨損、機械部件設計和其他表面相互作用的影響及理論，再就物體形狀、接觸角度、材料特性及黏附等參數，計算及分析摩擦力作用情形，接續轉換成動能消耗，以三維空間的概念，運用拉格朗日方程原理、漢密爾頓方程原理、牛頓運動力學及陀螺運動等理論討論各維度之力平衡，以期作為未來產品結構、運動姿態及強度考量之重要參據。

- 3、最後一類專業工程應用計修習 4 門課目：感測器應用基礎 ( Basics Of Sensor Applications )、高等動力傳動系統 ( Advanced Powertrains )、生物機械工程 ( Biomechanical Engineer )、高等機械設計 ( Advanced Design For Manufacture )，係結合實務及現代科技應用之專業課程：感測器應用基礎課程首先介紹現代主要應用的傳感器，再說明如何選擇和使用傳感器進行實驗及製成產品，透過該課程，學生能描述和定義傳感器的性能標準，並分析傳感器的性能，在未來可提出傳感器系統設計方案以解決問題；高等動力傳動系統為熱力學的延伸課程，該課程旨在讓學生了解目前傳統內燃機汽車的基礎 ( 包含排放系統 )，針對現代化電動車之發展進行文獻探討，著重電池設計差異與污染排放問題，深入研討先進技術如何提高工作效率和減低排放，並比較車輛混合動力、組件和架構，以作為各地區汽車工業發展之參據；生物機械工程課程介紹多種機器人工程運用，從人體生理結構進行力學分析，介紹多種生物機械運用原理，俾優化現有的機器人技術；高等機械設計課程為畢業專題課程，係配合指導教授專題研究進行升降梯設計，藉由觀念設計、現地實勘及結構模擬等面向，熟習完整產品設計流程，並精進 Solidworks 軟體應用及 CNC 車銑機具操作技能，同時訓練學生溝通協調機械產品設計及製造過程，期能於過程中，深入學習研發設計流程，亦讓學生了解製程中如何選擇適合之工具、材料、機具及方法。

#### 四、畢業專題報告

本廠現有火砲類研製案多為系統整合設計，除載台本身機械結構及作動方式之規格設計，亦需包含附屬裝備、佈線及電系設備等考量，本次出國進修科目係針對材料結構、力學分析及專業工程應用領域進行學習，後續將可運用所學及專題研究經驗，與本廠「遙控槍塔載台」、「榴彈機槍車型」等全系統設計研發案相結合，針對跨系統工項可先期研討，以同時符合各項性能要求及軍種使用需求，期能有效解決軟硬體匹配及機電整合相關窒礙。

職於最後一學期修習「高等機械設計」課程作為畢業專題報告主題，並加入設計與製造實驗室（Design and Manufacturing Lab, 簡稱 DML），指導教授為 Jordan Roberts 博士，實驗室符合職業安全和管理局（OSHA）的標準，主要提供教授、學生構建及輔助專案執行，讓學生對基本和先進的機具有所認識，並藉由各類型機具實際操作的經驗，培養技術人員基礎技能，雖然學校培養的是工程師，但期望學生未來能具備與技術人員有效協調溝通的背景，以推進設計專案，並在過程中識別工項及了解職安風險，專案標的係配合指導教授研究計畫而定，實驗室學生在正式操作機具前，須提前完成各項機具簽證及 Solidworks 軟體考核，確認具備 CNC 車銑機具操作技能及軟體繪圖能力，以確保人員安全；畢業專題成績由指導教授評分，並由系主任評核是否達畢業資格。

##### （一）專題題目及摘要

職於本次碩士進修學程完成「升降梯設計」專題報告，專題題目係配合教授專題研究進行，專題目標完成校內植物園餐廳升降機構整體設計，包含骨架結構、運輸載台及電系整合，職負責骨架結構及運輸載台二部分，全案預算為一萬美金。

專題重點為材料選用、結構強度模擬、機構有效作動及佈線與電系設備匹配，其設計概念與本廠全系統研發案相仿，期能於過程中熟悉軟

體繪圖模擬與實際理論應用，另依據加工工項，識別 CNC 機具，並依照加工優序及職安風險評估，排列適當之工序，俾提升生產效率及安裝便利性。

## (二) 專題背景

奧本大學刻進行校內植物園餐廳新建工程（如圖 1），並規劃於一樓至二樓設置升降梯運送食物（如圖 2），以節省人力消耗，為培養機械系學生具備工業設計技能及累積實務經驗，校方指派由機械工程系教授 Jordan Roberts 博士成立研究專案，帶領準畢業生於機械設計課程完成相關提案，案內升降梯須符合阿拉巴馬州法律、食品安全法及相關規定條文，安全性及使用效益將是專案重點，以確保人員操作安全；另運輸項目將包含食物、冰塊、餐具及酒瓶，該機構需易於維護及清潔，且需安裝警示系統，告知操作人員運輸載台已抵達指定樓層。



圖 1、餐廳入口



圖 2、升降梯地點

## (三) 專題內容

### 1、設計構想及法規確認：

專案目標於校內的植物園餐廳設計乙座升降梯，該升降梯需具備與市上產品相同之基本功能，著重於安全性考量，需完善警示系統；另針對任何飲料或食物的溢漏，都需包含在裝載平臺設計，以

方便清潔維護。

2019 年《阿拉巴馬州電梯和自動扶梯法》第 7 章所述，升降梯必須遵循阿拉巴馬州關於電梯之指導方針，首要須先確認作動方式為電動式或液壓式，以及確定是否具備自動傳輸功能，因為前揭構想均有相關具體法規。

旨案升降梯屬於物品升降類別，僅會運輸貨物，而非載客（最大負重 250 磅，約 114 公斤），故選擇電動式動力來源（液壓式升降梯通常運用於載重限制較大之載具），專案規劃運用電動馬達配合滑輪組作動；另無需具備自動傳輸功能，指令來源將由人員於各樓層按壓按鈕下達，依據相關法規，升降梯之額定速度應介於每秒 0.5-1 公尺（100-200 英尺/分鐘）範圍內，且每個移動部件均須設有防護裝置，以確保操作員安全。

升降梯垂直移動距離大約 10-12 英尺（3.04-3.65 米），考量其使用效率，總行程時間需少於 30 秒，且任何電系元件均須設有線槽及配有可用之電源插座；最後，整體設計應遵循餐廳主題，避免影響客戶體驗，初步設計概念圖如圖 3。

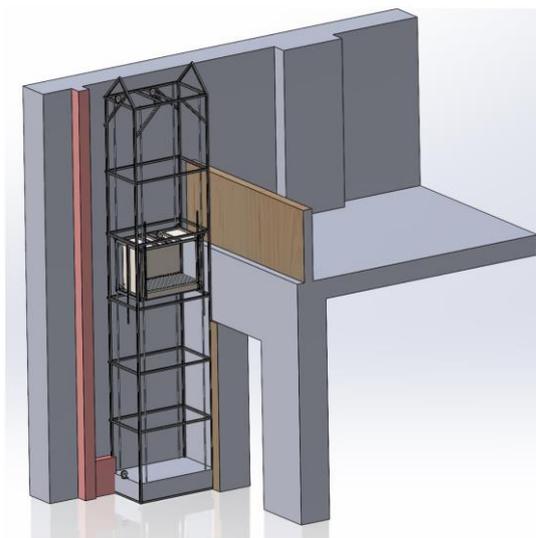


圖 3、初步設計概念圖

## 2、骨架設計

為加強整體骨架之穩定度及提升骨架安裝之便利性，整體骨架將由 7 個矩形骨架及一個 A 型骨架組合而成，另包含滑輪用橫梁 3 根、滑輪支撐用輔助橫梁 4 根及升降用梁柱 4 根，矩形骨架及整體骨架示意圖如圖 4。

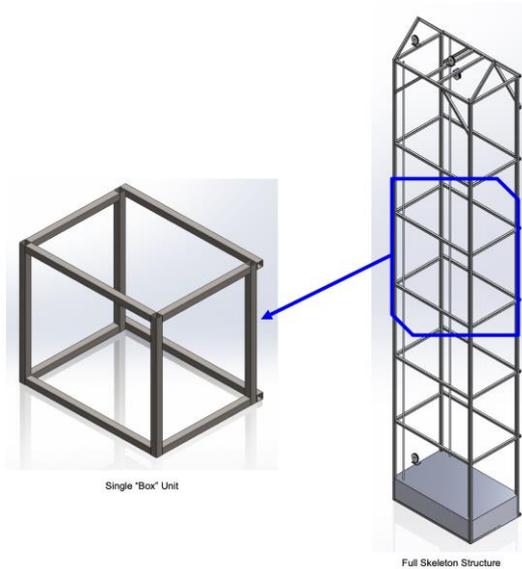


圖 4、矩形骨架及整體骨架示意圖

骨架材料選用可焊接之 A500 鋼，橫梁選用 1 英寸(2.54 公分) 方形管，管壁厚 0.12 英寸 (0.3 公分)，整體骨架長 36 英吋 (92 公分)、寬 23 英吋 (59 公分)、高 203 英吋 (515 公分)。

安裝方式為先焊接完成一矩形骨架，再放置底座平台，接續由下而上焊接 6 個矩形骨架，最後焊接 A 型骨架、升降用樑柱、滑輪用橫梁及輔助橫梁，完成焊接後各樑表面需塗上 POR-15 防蝕面漆，以防止鏽蝕產生。

俟骨架完成後，續於由下而上第二層矩形骨架前側及第五層旁側焊接門框，門框尺寸須符合運輸載台，材質選用不鏽鋼，示意圖如圖 5。

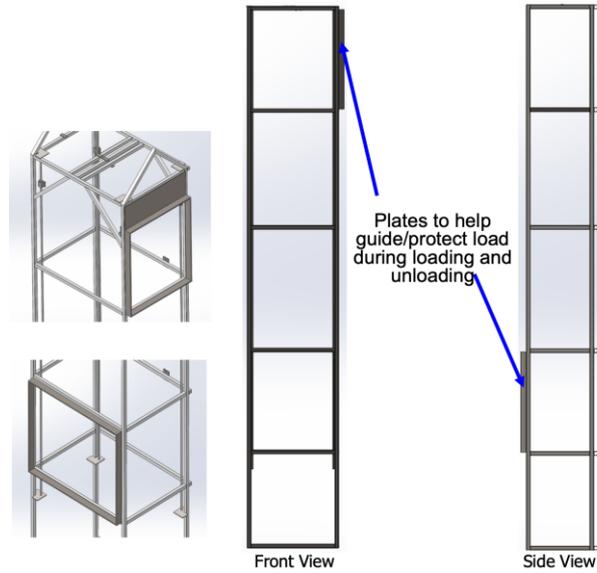


圖 5、門框安裝示意圖

### 3、運輸載台設計

運輸載台負重限制須達 200 磅（91 公斤），內部最小尺寸為 26x18x4 英寸（66x46x10 公分），基於食品安全法規，運輸載台須設有獨立於骨架之門板，另於運輸在台底部將安裝滾輪以利於上卸貨，示意圖如圖 6。

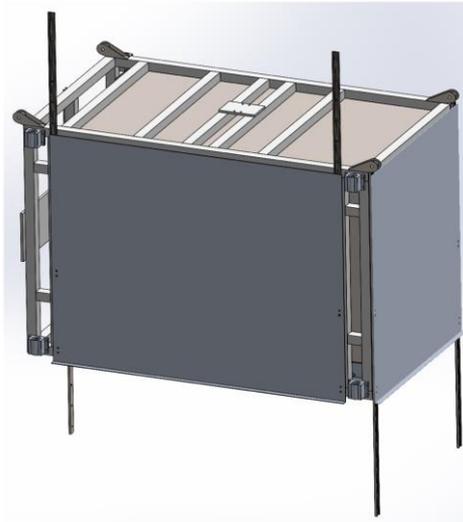


圖 6、運輸載台示意圖

載台骨架選用 1 英吋 A500 方管鋼，壁厚 0.065 英吋（同整體骨架用材），面板 4 塊選用 316 不鏽鋼，門板 2 塊選用鋁材，厚度均為 0.063 英吋，平台前後側個角落均需安裝線性軸承，俾後續結

合整體骨架之升降用樑柱，引導運輸載台垂直運動，如圖 7。

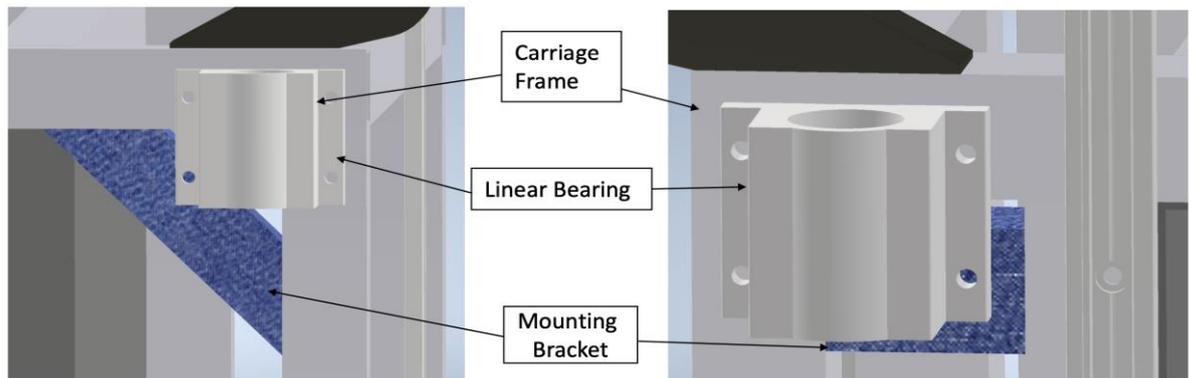


圖 7、線性軸承安裝示意圖

運輸載台門開關機制分二部分，一為前側門（一樓），另一為旁側門（二樓），門板左右兩側均安裝線性軌道組（Linear Bearing），以利門板循軌道垂直運動；一樓前側門之設計係運用重力，該門板下緣將預留 1 公分向外側折 90 度，當升降梯抵達一樓，前側門折板（Door Lip）將因重力停留至事先焊接之門框（Structure Lip），當運輸載台抵達 1 樓，門板將完全開啟，當運輸載台往上，前側門門板將配合載台升起關上，示意圖如圖 8。

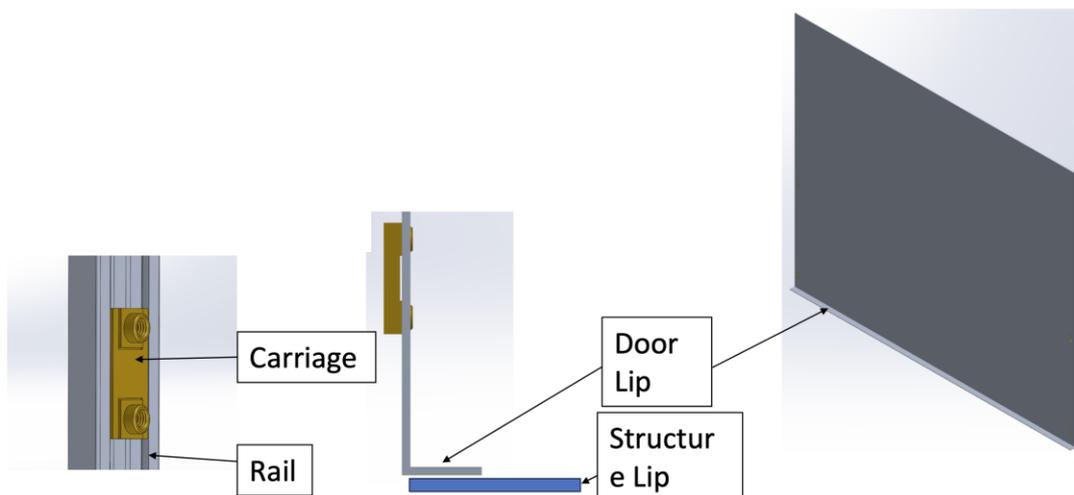


圖 8、前側門門板開關機制示意圖

旁側門之設計係運用固定滑輪、鋼索及 8 磅之配重於運輸載台自 1 樓至 2 樓行程間，與旁側門板達力平衡而關閉，首先於運輸載台上方設置 4 個固定滑輪，並於旁側門板對向設置一塊 8 磅

重 0.24 英吋 A500 鋼板，配重鋼板及旁側鋼板藉由鋼索連接，且鋼索安裝於固定滑輪軌道，行程期間，旁側門板均因與 8 磅配重達力平衡而關閉，當運輸載台抵達二樓，旁側門板將因接觸二樓骨架旁側門框下緣而開啟，示意圖如圖 9，當運輸載台下降時，旁側門板將再度與配重鋼板達力平衡而關閉。

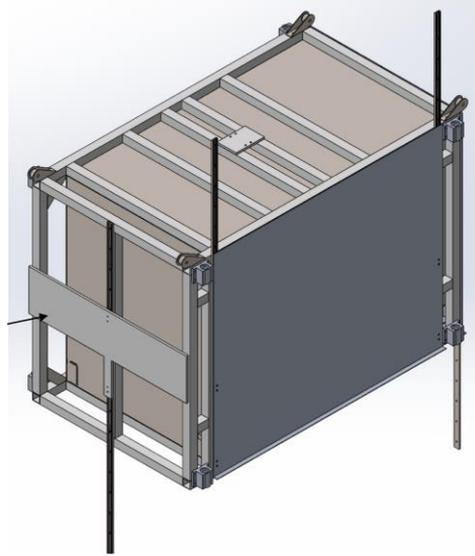


圖 9、旁側門板開關機制示意圖

最後於運輸載台底部設置運輸滑輪（Conveyor Roller），材料選用銅，滾輪固定桿（Covers）選用不鏽鋼，如圖 10，運輸載台即完成設置。

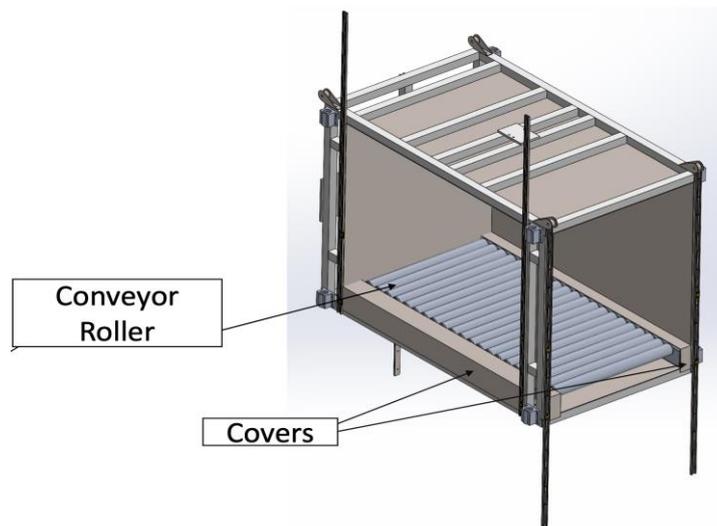


圖 10、運輸滑輪安裝示意圖

#### 4、滑輪設計

旨案升降梯將運用單體滑車（Single Pulley）3 具及雙車滑輪（Double Pulley）1 組，雙車滑輪其中一具安裝於骨架橫梁頂部，另一具安裝於運輸載台，另於底座設置一捲筒（Drum），示意圖如圖 11，各滑輪藉由鋼索相連，動力來源為底座馬達。

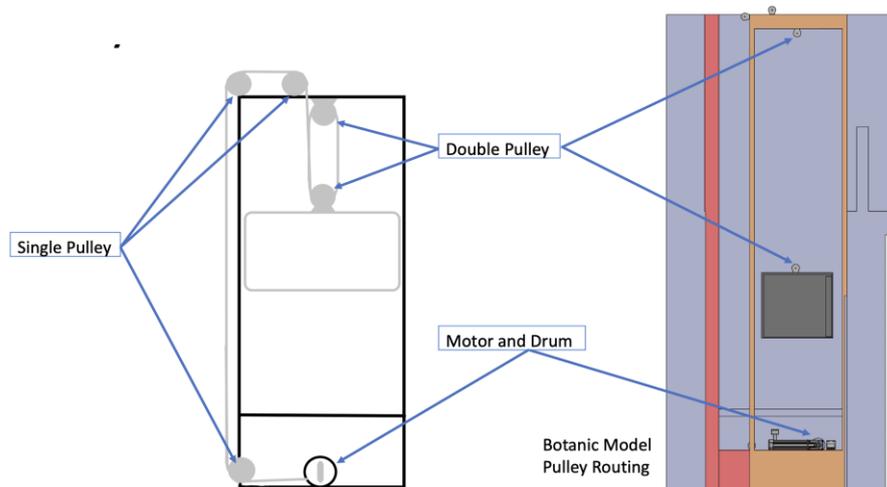


圖 11、滑輪安裝示意圖

#### 5、電系整合

電系整合部分係由專案另一小組進行設計，馬達相關規格及電纜長度均須符合骨架結構及運輸載台實需，另設有控制開關迴路、變頻控制器及警示感應器。

#### （四）專題成效

經各組成本合計估算，骨架結構成本為 2101.38 美元（BOM 表如表 1）、運輸載台成本為 1673.69 美元（BOM 表如表 2）、電系設備為 3391.46 美元（BOM 表如表 3），全案成本合計為 6886.63 美元，符合升降梯預算規劃。

No.	Item (link)	Part # (SKU if app)	Quantity	Price per item	Total Price
1	Hot Roll Steel Square Tube (1"x1"x288"; 11g)	-	7	\$75.07	\$525.49
2	304 Stainless Steel Sheet	S422	1	\$130.96	\$130.96
3	1026 DOM Steel Round Tubing	-	4	\$76.42	\$305.68
4	Mounted Linear Sleeve Bearings	8649T3	8	\$48.90	\$391.20
5	¼" x 12" x 24" Baltic Birch Plywood	PLY-12-24-14	33	\$7.78	\$256.74
6	¼" x 24" x 36" Baltic Birch Plywood	BBP1/4X24X36	17	\$15.30	\$260.10
7	CompX National Disc Tumbler 1-¾" Cam Lock	C8060-C346A-14A	1	\$13.57	\$13.57
8	Butt Hinge 1" x 1" Nickel	47360	2	\$2.99	\$5.98
9	Mounting Weld Tabs	100493	120	\$0.33	\$39.60
10	Tubing for fixing guide rails (3/4 SCH 40)	-	8	-	\$10.88
11	POR-15 Rust Preventive Coating	45004	1	\$53.04	\$53.04
12	Guide Rail & Pulley Mounts A36 Steel Plate (16" x 24" x 1/4")	-	1	-	\$108.14
				Total	\$2,101.38

表 1、骨架結構 BOM 表

No.	Item (link)	Part # (SKU if app)	Quantity	Price per Item	Total Price
1	A500 Square Tube Steel (1" x 1" 16 Ga) 288"	-	3	\$51.88	\$155.64
2	Stainless Steel Plate 316: 48"x120" 16ga	-	1	\$475.32	\$475.32
3	Aluminum Sheet 5052: H32, 36 in Lg, 36 in Wd, 0.063 in Thick	794R20	1	\$179.96	\$179.96
4	17 mm Wide Guide Rail for Low-Profile Sleeve Bearing Carriage	6723K5	5	\$60.00	\$300.00
5	Low-Profile Sleeve Bearing Carriage (for 17 mm Wide Rail)	6723K9	10	\$6.36	\$63.60
6	1-3/8" Diameter Aluminum Roller Conveyor 1-1/2" Roller Spacing, 18" Overall Width, 5 Feet Long	58245K63	1	\$359.25	\$359.25
7	Stainless Steel, Eye to Eye Lanyard (5 Foot Length)	30745T108	2	\$29.36	\$58.72
8	10-24 Black-Oxide Alloy Steel Socket Head Screw (100 Pack)	91251A240	1	\$15.93	\$15.93
9	10-24 Stainless Steel Heavy-Duty Rivet Nut (10 Pack)	97467A722	1	\$10.25	\$10.25
10	5PCS Deep U Groove Round Bottom Bearing Track Roller Wheel Stainless Steel Guide Pulley Rail Ball Rolling Bearing 8x22.5x14.5mm	-	1	\$18.59	\$18.59
11	uxcell Alloy Steel Hexagon Socket Head Shoulder Screws Bolts, 3/4" Shoulder Length, 5/16" Shoulder Dia, 1/4-20 Thread, 6pcs	-	1	\$11.49	\$11.49
12	1/4-20 Nylon Insert Hex Lock Nuts Stainless Locknuts, Hex Drive, Bright Finish, 304 Stainless Steel 18-8 SS, Coarse Thread, 25 of Pack	-	1	\$6.99	\$6.99
13	Metric Steel Pan Head Phillips Screws M3 x 10mm	92005A120	1	\$4.26	\$4.26
14	Metric Steel Pan Head Phillips Screws M3 x 8mm	92005A116	1	\$4.34	\$4.34
15	Tin-Plated 18-8 Stainless Steel Low-Profile M3 Rivet Nut	98005A410	1	\$3.90	\$3.90
16	Passivated 18-8 Stainless Steel Phillips M3 Flat Head Screw	92010A116	1	\$5.45	\$5.45
				Total Cost	\$1,673.69

表 2、運輸載台 BOM 表

No.	Item (link)	Part Number	Quantity	Price Per Item	Total Price
1	<a href="#">Motor</a>	613K99	1	\$1,240.00	\$1,240.00
2	<a href="#">Step Down Shaft Adapter</a>	9783T14	1	\$92.29	\$91.29
3	<a href="#">Motor Shaft Sleeve</a>	-	1	\$9.86	\$9.86
4	<a href="#">Eye bolt</a>	3014T957	1	\$10.00	\$10.00
5	<a href="#">Pulley</a>	4JX77	3	\$23.91	\$71.73
6	<a href="#">Double Mounted Pulley</a>	493R65	2	\$56.52	\$113.04
7	<a href="#">3/16" Wire Rope 100ft</a>	2VJX2	1	\$69.84	\$69.84
8	<a href="#">VFD</a>	GS4-22P0	1	\$578.00	\$578.00
9	M10 x 1.25 mm Thread, 60 mm Long, 150,000 psi Bolt (5 count)	91052A111	1	\$10.10	\$10.10
10	<a href="#">8-32 x 3/4", 150,000 psi Bolt (25 count)</a>	92620A409	1	\$23.25	\$23.25
11	Top-Lock Locknut M10 x 1.25mm Thread (10 count)	99183A480	1	\$8.00	\$8.00
12	<a href="#">Steel Flex-Top Locknut for Heavy Vibration 8-32 Thread (25 count)</a>	94820A220	1	\$15.23	\$15.23
13	<a href="#">Laser Sensors</a>	2172N22	2	\$107.88	\$215.76
14	<a href="#">Wire Spool</a>	800-325C	1	\$217.00	\$217.00
15	Class 10.9 Steel Washer, M10 Screw Size (50 count)	91455A613	1	\$12.41	\$12.41
16	<a href="#">316 Stainless Steel washers No. 8 (100 count)</a>	90107A010	1	\$4.11	\$4.11
17	<a href="#">Limit Switches</a>	65745K53	2	\$97.07	\$194.14
18	<a href="#">LED Indicators (Yellow)</a>	24M114	8	\$7.75	\$62.00
19	<a href="#">Push Buttons</a>	8382K111	4	\$29.24	\$116.96
20	<a href="#">VFD Enclosure Cooling Fan</a>	19115K317	1	\$583.81	\$223.81
21	<a href="#">VFD Enclosure</a>	RAL7035	1	\$61.33	\$61.33
22	<a href="#">Wire Connectors(3/16")</a>	4FRY9	4	\$10.90	\$43.60
				Total	\$3,391.46

表 3、電系設備 BOM 表

## （五）結論

此次畢業專題課程，教授將專案分為三組，每位學生須選擇兩組參加，藉由跨組合作，確保各組設計均能符合各組所需，職雖選擇骨架結構組及運輸載台組，但其他組員亦有選擇電系設備組的同學，各員的想法及建議均能有效且即時提出討論，在機構設計的部分，往往一有新的構想，便有同學直接運用 **Solidworks** 軟體繪圖模擬尺寸大小是否能有效作動，當確認該機械機制能確實作動，隨即尋找市售商源比價，同學間的交流相當頻繁，亦時常洽教授及餐廳總設計師研討設計構想，讓職感覺像在業界的設計團隊，每位同學都不吝於表達想法，設計團隊的氛圍融洽，天馬行空的想法反而更受其他組員重視，職也運用廠裡研製案的經驗與精神與團隊交流，藉由經驗分享，更能有效說服團隊採納。

設計過程中，職對於升降梯的門板及其作動方式的概念印象最為深刻，由於阿拉巴馬州食安法的規定，除上下樓層外門設計外，運輸載台亦需設有門板，以確保載運物品於運輸過程中，無掉落情事而影響機構作動之風險；在台灣已有許多餐廳運用升降梯運送食物，但針對載台內門，並無相關規定，在阿拉巴馬州因房屋多屬平房，送餐無須上下樓層，因此無前案相關設計可供參考，另由於載台尺寸有限，且內門方向不同，無法以單一方向進出，如針對開關內門另外加裝機構，將無法滿足餐廳運輸需求，最後經由團隊多次運用 **Solidworks Simulation** 模擬及尺寸計算修調，最後僅運用兩塊鋼板及一塊配重板，另搭配骨架上安裝之門框，藉由載台升降過程因門框接觸之推力，單純以重力之機械設計達成門板開關需求，無須考量電動門等電力系統及佈線問題，安全性佳、可靠度相對高且節省成本。

反思本廠「遙控槍塔載台」、「榴彈機槍車型」等研發案，載台內部均有負重及限高等要求，亦需考量人員活動空間，職認為艙門以及安全機制的設計均可化繁為簡，運用更多機構連動之基礎力學原理應用；另

針對緩衝機構及附屬裝備托架或承架之設計，亦可一併納入全系統設計構想，並預先以 Solidworks 繪圖模擬各機件作用方式，另運用 Solidworks Simulation 模擬結構及摩擦力，以確認材料選用規格，俾滿足研產需求。

在設計階段，經常為達成各項性能要求，而將問題複雜化，且本廠產品多屬軍規用途，相關性能要求更加嚴謹，有時反而因此限制思考的方向；另因為跨系統設計，經常需面對系統整合上的壅礙，未來機電整合的應用勢必成為趨勢，先期各次系統研發團隊的研討及工作計畫訂定將是研究發展案的執行重點；升降梯專題因為阿拉巴馬州法律要求及當地人生活習慣並無相關前案參考，且預算有限、需跨系統整合及能否合乎實需，均讓研發團隊絞盡腦汁，持續腦力激盪，讓職不禁回想起在廠裡研發設計中心承辦研發案的過程，其實，火砲類產品大部分的機械設計僅運用基礎的機械原理，將機械問題簡化，並預先洽其他次系統研發團隊研議設計構想，以避免後續研發過程因非機械性能類缺失，卻要研改機械結構，造成事倍功半；機械架構是根本，跨系統團隊的先期研討就像打預防針，能有效避免研發過程翻工，職認為是此次畢業專題最深刻的體悟，期能以此次專題的設計經驗為基礎，結合現在及未來研發案的產品實務，繼續貢獻所學。

## 參、心得與建議事項

### 一、語言精進及適應

剛抵達美國，語言差異是最直接的挑戰，雖赴美國求學，英語能力需達一定水平，但台灣的各项英語檢定考試僅考核聽說讀寫的基本能力，且單字及文法的運用相對制式，剛開始和美國人交談，常因為講究文法及單字選用是否正確而思考過久，或是擔心表達有誤，造成他人理解落差，在日常生活對答一直有瓶頸，經常為求完整表達語意，導致支吾停頓幾次才能完成一句話，但語言隔閡是國外留學生活須克服的必經

之路，所以第一學期，我積極參與學校舉辦的各項活動，把握每一次能接觸其他國際學生的機會，在都不是母語人士的活動中，人與人之間能更有耐心，藉由交流適應異國求學的心路歷程，再到分享食衣住行的生活經驗，彼此間能更有共鳴，甚而更有勇氣以腦中既有的單字表達想法，無懼於用詞不當或是文法錯誤，如需即時翻譯查詢字典，也早已成為兩人交談當下的默契，不會因此而感到不耐煩，在實際對話的過程中，亦能更有效率將其他人的常用詞句，轉化到自己的腦海字庫，久而久之，個人情境會話的資料庫已在潛移默化中迅速擴張，這段期間的收穫，除單字及句型量的累積，我認為最大的獲益是心態上的改變，以往擔心說錯話而不敢說、猶豫於開啟對話，現在則轉變為盡我所能首先嘗試表達，再以語調、表情或是動作輔助，當對方仍抱持疑問，最後才查詢翻譯或是圖片補充說明，盡可能增加與他人會話學習的機會，同時從中不斷修正及調整，過程中，因為都不是母語人士，相較有耐心及能相互理解我認為是與國際學生對話的最大優勢。

除對話的實際應用學習，閒暇時，把私人的時間及環境塑造成良好的英語學習環境也帶給我極大的益處，留學生在回到宿舍後就像回歸國內生活是大部分人的通病，往往房間門關上就回復到自身最舒服的狀態，諸如玩線上遊戲、看中文節目或是向在國內的親友聯繫通話；為持續精進英文，我將所有 3C 產品的語言設定均更改為英文，日常生活養成習慣播放英文廣播、新聞及流行音樂，如果觀看網路節目或是戲劇，則把字幕設定為雙語字幕，不僅學習英文聽力，同時也能充分理解語意，並將此期間印象較為深刻的單字及句型記錄在手機記事本，再配合朋友或是外國人對話的時機實戰演練、反覆練習，一學期下來，自然能在面對各種情境時應對自如。

經過第一學期適應及自我督促，我認為英語能力進步的關鍵在於找到最適合自己持續學習的方法，因為前述的外語學習方式已有效奠定日

常應用基礎，在運用英文表達時，自然有自信加持，對話的對象更為廣泛、頻次也較過去增加許多，因此，我開始將會話練習的對象轉向母語人士（美國人），美國人的語速較快、連音習慣較多，還有更多道地、口語化的字句用法，第二學期開始，我跳脫國際學生的朋友圈，嘗試參加更多美國人的假日活動及學校社團，運用第一學期培養的口說能力，成功結交許多美國朋友，因而獲得更多機會磨練英文，甚至在專業課堂中，也能和美國同學流暢討論及合力完成報告，從日常熟悉對話，再進階到專業領域應用，語言隔閡已在不知不覺中淡化，這段期間，英語寫作能力亦在電子設備支援與母語人士的指導下大有進步，第三學期後，英文對職而言，已是自然的生活技能，英文能力培養已融入日常生活，藉由日常運用持續精進單字量及句型用語。

## 二、 求學研究

美國因民風自由，教育體制及文化背景與東方國家有極大的不同，學習風格偏向自主學習，學生不可以被動地為回家作業或是考試而複習，教授希望是學生自主性的學習及研究，上課期間，透過發問釐清當下疑問，若當下無法理解，課後仍可與教授透過郵件聯繫或是預約一對一討論，教授均會友善給予回覆及協助，建議開始寫作業或執行期末報告前，提前向老師詢問及討論，以確認方向正確，另外如無法於預期時間內完成作業或是報告，也能夠向老師表達需要延長時間，大部分老師均會同意延期，旨在希望學生能從每項課堂任務中深入學習，除本身學業及學術研究工作的能力，亦須懂得團隊合作，課堂時常有團隊報告，意見的表達及交流同樣受重視，組內成員也鮮少有分工不均的情形發生，因為大家都很珍惜學習的機會：美國在課業要求上，特別強調誠實榮譽，無論課後作業或是各式報告，「抄襲」及「考試舞弊」均為重大道德違紀，如違反相關規定，校方會開人評會，並視情節加重懲處，目的讓學生培養自主學習及為自己負責的能力。

### 三、未來發展及研究內容應用

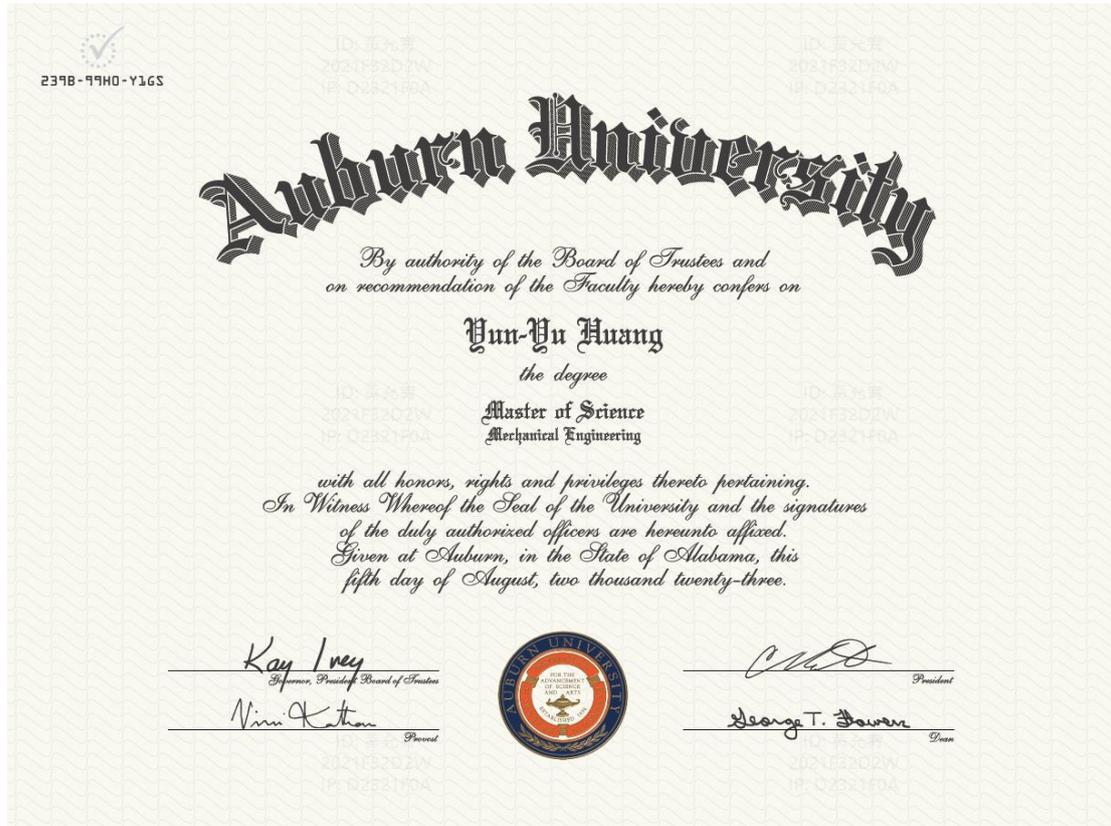
職於在美期間持續深化第二外語能力，期未來在參閱國外技資時，能更快速且精準摘取重點，亦能於處理華美事務及向海外技協研議時，更流利且明確表達本廠建議；另本廠作為國家所屬重要兵工廠，肩負國軍火砲及彈藥生產重責大任，已具備相當成熟之機械加工能力，職於 DML（機械設計及製造）實驗室學習期間，藉由自行繪製藍圖，並據以運用實驗室內機工具完成成品，過程中發掘並了解技術員操作、機工具限制及藍圖繪製間可能產生之衝突，除熟悉多項先進之車、銑床機具外，亦深化 Solidworks 繪圖能力，並於繪圖同時運用 Solidworks Simulation 進行線性靜態及運動模擬，可於未來發生研發、生產窒礙時，提前藉由軟體繪製進行模擬及疲勞分析，另於需要研議客製化零組件或是研改模具時，更全面性設計及研擬解決辦法。

在力學相關課程部分，職這次修習二門進階力學課程，在多尺度接觸力學及高等動力學的課程中，探究不同的機械物理原理及生活應用問題，本廠無論火砲類產品需進行應力結構分析，抑或是彈藥類產品需進行彈道解算，均運用許多力學理論及數值分析方法，未來職在面對廠裡各項產品及研製案時，能更加熟練運用拉格朗日方程原理、漢密爾頓方程原理、牛頓運動力學及陀螺運動等理論分析各維度之力平衡，以期作為本廠未來產品結構、運動姿態及強度考量之重要參據。

在最後一學期升降梯骨架結構及運輸載台設計的過程，職深刻體會到極為主動的互動氛圍，就像與國際知名公司開發團隊合作，在每個學生都有一定專業的基礎上，重視且尊重各種想法，不用擔心別人的目光，先有想法、再評估討論，並極盡所能去達成，在想法上競爭，在實務面則是有效合作，有時候最天馬行空的建議反而是最有討論度且被最後採納的，可說是創意與專業的精彩碰撞，希在未來參與研發事務時，能以此經驗為範例，讓本廠研發團隊的討論更加充滿新意。

職未來希望能在金屬加工及機電整合相關研發事務發揮本次進修所學，除機械機構的設計外，亦能同時評估線槽、佈纜等考量，有效解決射控系統及電控設備如何匹配載台之窒礙，對於軍種及作戰需求，均能運用海外進修和世界各國教職員、同學交流的經驗，提供研發團隊參考討論，提升後續本廠設計能量及研發多樣性。

肆、畢業證書



## 伍、參考資料

一、奧本大學網站 <https://www.auburn.edu>

二、維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/奧本大學>