

新工程教育 在成大

系統及船舶機電工程學系\陳政宏

成大是臺灣第一所高等工程教育學府，其規模及廣度之大也成為臺灣培育工程人才的重鎮。面對未來社會更快速的變遷、產業結構必須的調整等挑戰，我國的工程教育又需要怎樣改良、變革呢？承續88年來的優良工學教育傳統，這是成大無從逃避的責任。

「新工程教育方法實驗與建構計畫」（以下簡稱「新工程教育計畫」）是教育部資科司於2018年推出的實驗性教學計畫之一。該計畫「鼓勵大學校院工程相關學系重新檢視教學目標，在確保領域基礎專業與核心知識完整性的前提下，重整課程結構，思考如何整合必修課程內容、如何串連核心知識並實踐所學，進而以真實工程問題創建主題式課群」。2019年初徵件，年中報告與審查。成大系統系的「螺旋式整合實作課程架構更新計畫」原申請「A類：全面課程地圖與學習架構之調整」，經評審建議改為「B類：主題式課群之創建」獲得補助，除了是本校唯一獲得的新工程教育計畫之外，也是全國交通工具類科系中唯一的計畫。本文介紹這個計畫，並思考工程教育的未來。

1 新工程教育計畫簡介

1.1 什麼！資科司？教學實驗？

教育部除了大家熟悉的高教司會補助大專院校一些教學計畫（例如邁向頂尖大學計畫、教學卓越計畫、高教深耕計畫等）的經費之外，其實數十年來還有一個單位會補助大專院校一些特殊的教學計畫。這個單位是在1979年依據行政院「科學技術發展方案」成立的科技顧問室。當年除了教育部之外，還有國防部、交通部、經濟部成立科技顧問室，其主要目的是在這些相關部會規劃協助國防科技、新興科技的發展。因此，教育部科技顧問室的工作就是配合推動有關科技人才培育工作。後來隨著社會與政策變遷，這四個部的科技顧問室也紛紛調整任務、改名。教育部科技顧問室於1990年改名為顧問室，領域也擴大到其他各種學科。在前幾年的政府組織改造時，顧問室又與資訊單位合併為現在的資訊與科技教育司。

從這個歷史淵源可以了解，此單位雖然較小，但是一直在處理的是面對未來挑戰的新發展，因此其補助的教學計畫也就是開創性、實驗性、研究性、跨

單位/領域性的。「新工程教育計畫」是所謂的中程綱要計畫之一，以4年為一期推動實驗性質的教育改進計畫。這類計畫由資科司主動規劃，找尋適當的主持人後成立計畫辦公室推動。一般而言會公開徵件、主動邀請團隊參加先導型計畫的推動，其發展成果可供其他司處推動政策時之參考。所以，我們在執行「新工程教育計畫」時也就需要積極探索改善工程教育，面對未來挑戰的各種可能的、實驗性的新作法，更不排除需要從其他領域借用及合作的機會。

1.2 背景與目的

依據徵件計畫書，此計畫看到目前的工程人才培育問題是「隨著科技的快速發展、大量的網路資訊，多元科技整合與複雜的產業應用發展，以及產業供應鏈全球化等趨勢，未來工程人才不只需具備專業的基礎知識，還需要能快速準確搜尋資訊、以及團隊合作中領導規劃與執行的新思維與能力。面對這樣的挑戰與學習需求，國內外大學多年來因應產業分工需求所發展出來的工程教育架構與內容，在符應多元科技整合應用的產業發展需求上，抑或在誘發學生學習動機上，已漸顯其不足。」

因此這個計畫「提供大學及其師生重新思考並調整課程結構的實驗(試辦)機會，依據各領域主題規劃各年級適當之工程問題，以真實工程問題串連必修課程，讓科目之間的連貫性更明確，並重新審視課程重疊的部分，減少不必要的授課與學習負擔，強調知識體系與架構的傳承，同時確保學生所學涵蓋

基礎科目的相關內容。讓學生有機會在求學期間能將所學的知識連貫並付諸實踐，學習面對錯誤的態度，培養應用專業知識解決實際工程問題的能力。並有與同儕及不同領域師生合作的機會，藉由團隊合作完成個人能力與有限知識無法達到的成果。」

而如同其他的實驗性教學計畫，這個計畫也是衝著教師而來，因為要改變學生之前必須先改變老師。此計畫期待老師們「宜搭配課程內容設計，讓學生經由設計、分析、實驗、實作、探討實際問題、學習報告等方法，主動尋找答案並從過程中學習。而教師須引導學生辨識探索過程中程序與資訊的正確性。」「課程設計上宜盡早引導學生正確使用工程分析設計軟體，並在實踐中成長及養成團隊合作的精神。」

1.3 第一年徵件及補助情形

此計畫的徵件條件頗為嚴格，並不容易規畫、執行，是提供給已有所準備的團隊。儘管如此，2019年第一次申請投件的狀況似乎也十分踴躍。A類似乎有二十多件申請，15件獲得口頭報告機會，最後通過7件，通過率僅約四分之一。有2件(含本系)轉為B類計畫獲得補助。B類最後通過16件，分佈各大工程領域及各型學校。通過計畫詳見表1。而從表2通過計畫的分類分析來看，一般國立大學、北部學校佔比較高，化工材料領域件數比例較少，其他尚稱均衡。再從表3的學校分佈來看，中央大學有3件最多，交大、南台科大、高科大也都有2件，是獲得計畫較多的學校。

表1 2019年獲得補助的新工程教育計畫團隊資料*

類別	序號	執行單位		計畫名稱	計畫主持人		學校資訊		主題領域
		學校	科系		姓名	職稱	所在地	屬性	
A類 (7件)	1	國立交通大學	資訊工程學系	資訊工程教育創新課程架構之設計與實踐	曹孝櫟	教授兼資訊科學與工程研究所所長與課程委員會召集人	新竹	國立一般	電資
	2	南臺科技大學	化學工程與材料工程學系	箍桶式化工與材料工程實務人才培育革新	林鴻儒	教授兼系主任	臺南	私立技職	化材
	3	南臺科技大學	電子工程學系	箍桶式電子工程實務人才培育創新	余兆棠	教授兼系主任	臺南	私立技職	電資
	4	國立清華大學	動力機械工程學系	融合教學與實作之主題式課群工程教育計畫	林昭安	教授兼工學院副院長	新竹	國立一般	機械能源
	5	國立勤益科技大學	冷凍空調與能源系	冷凍空調與能源主題式課群-全面課程地圖與學習架構之調整計畫	吳友烈	教授兼系主任	臺中	國立技職	機械能源
	6	國立臺灣大學	土木工程學系	新土木工程教育方法實驗與建構計畫：從大一面對玩具問題到大三專業實務挑戰（From toy problems to professional solutions）	韓仁毓	教授兼系主任	臺北	國立一般	土環
	7	義守大學	土木工程學系	解構力學-翻轉土木-創新營建	林國良	教授兼系主任	高雄	私立一般	土環
B類 (16件)	8	國立中央大學	工學院學士班	中大潔能屋的最佳儲能方案	李勝偉	教授	桃園	國立一般	機械能源
	9	國立中央大學	光電科學與工程學系	光電工程必修基礎課程教學改進建構計畫	陳彥宏	特聘教授兼系主任	桃園	國立一般	電資
	10	國立中央大學	機械工程學系	智慧機器人新工程教育方法規劃與實踐	李朱育	教授	桃園	國立一般	機械能源
	11	中原大學	機械工程學系	主題式課群之「智慧化精密模具設計與製造」及「智慧自動化機電整合」	翁輝竹	教授	桃園	私立一般	機械能源
	12	中華大學	資訊工程學系	智慧檢測新工程教育計畫	石昭玲	特聘教授兼系主任	新竹	私立一般	電資
	13	國立中興大學	土木工程學系	橋梁結構健康監測與評估課群	宋欣泰	副教授	臺中	國立一般	土環
	14	國立臺北科技大學	機械系工程學系	機電系統整合暨智控程式教學課群	何昭慶	教授	臺北	國立技職	機械能源
	15	國立交通大學	機械工程學系	具備需求導向思維之機械設計工程人才培育課群建構計畫	楊秉祥	教授	新竹	國立一般	機械能源
	16	國立成功大學	系統及船舶機電工程學系	成大系統系螺旋式整合實作課程架構更新計畫	陳政宏	副教授	臺南	國立一般	機械能源
	17	國立高雄科技大學	資訊工程學系	以前瞻網路系統軟體為核心的整合課程建構與實驗計畫	羅孟彥	教授	高雄	國立技職	電資

類別	序號	執行單位		計畫名稱	計畫主持人		學校資訊		主題領域
		學校	科系		姓名	職稱	所在地	屬性	
	18	國立高雄科技大學	電機工程系	電動車整合課群	孫崇訓	副教授	高雄	國立技職	電資
	19	逢甲大學	土木工程學系	智慧營建在海陸域風力發電設施之理論設計與實務應用	康裕明	系主任	臺中	私立一般	土環
	20	國立彰化師範大學	資訊工程學系	智慧車聯網主題式課群	伍朝欽	教授	彰化	國立一般	電資
	21	國立臺灣科技大學	營建工程系	以山坡地建築物為設計主題之營建課群串聯計畫	楊亦東	教授兼系主任	臺北	國立技職	土環
	22	靜宜大學	資訊工程學系	以人工智慧為核心之新資訊工程教育方法實驗與建構計畫	劉志俊	副教授兼系主任	臺中	私立一般	電資
	23	國立聯合大學	化學工程學系	Aspen Plus工程分析軟體於化工專業課程虛實融合之應用	林永昇	教授兼學務長	苗栗	國立一般	化材

*依據計畫辦公室網站公布之資料整理、分類

表2 通過計畫分類分析

屬性統計	全部	比例	A類	比例	B類	比例
國立一般	11	48%	3	43%	8	50%
私立一般	5	22%	1	14%	4	25%
國立技職	5	22%	1	14%	4	25%
私立技職	2	9%	2	29%	0	0%
小計	23	100%	7	100%	16	100%
屬性統計	全部	比例	A類	比例	B類	比例
北	11	48%	3	43%	8	50%
中	6	26%	1	14%	5	31%
南	6	26%	3	43%	3	19%
小計	23	100%	7	100%	16	100%
屬性統計	全部	比例	A類	比例	B類	比例
土環	5	22%	2	29%	3	19%
電資	8	35%	2	29%	6	38%
化材	2	9%	1	14%	1	6%
機械能源	8	35%	2	29%	6	38%
小計	23	100%	7	100%	16	100%

表3 通過計畫學校分佈

學校統計	全	比例	A	比例	B	比例
中央	3	13%		0%	3	19%
交大	2	9%	1	14%	1	6%
南台	2	9%	2	29%		0%
高科	2	9%		0%	2	13%
台大	1	4%	1	14%		0%
清大	1	4%	1	14%		0%
義守	1	4%	1	14%		0%
勤益	1	4%	1	14%		0%
成大	1	4%		0%	1	6%
中興	1	4%		0%	1	6%
北科	1	4%		0%	1	6%
逢甲	1	4%		0%	1	6%
彰師	1	4%		0%	1	6%
中華	1	4%		0%	1	6%
台科	1	4%		0%	1	6%
靜宜	1	4%		0%	1	6%
聯合	1	4%		0%	1	6%
中原	1	4%		0%	1	6%
小計	23	100%	7	100%	16	100%

此種螺旋式架構的設計發想並非如一些略知造船專業者所臆測的，來自造船螺旋式設計方法的啟發，而是來自教育界原有的課程設計理論。就如同我們從小學到大學會反覆學到越來越深入的各力學或電學主題一般。但是此種設計剛好發生在船舶相關領域，不只是巧合，也很恰當。

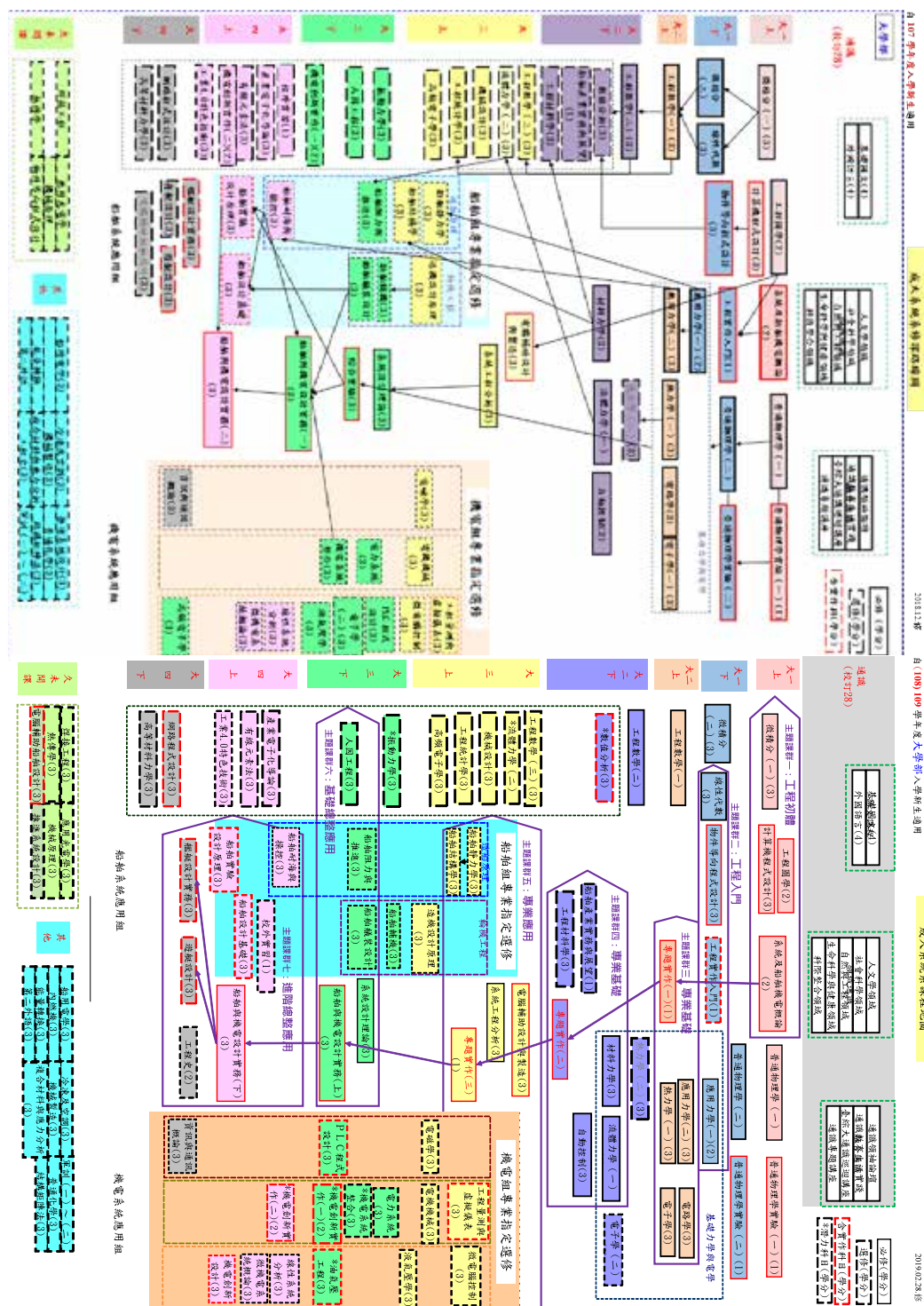
◆ 七大課群，以實作為核心整合

為完成此一架構，本計畫在大一上調整原有概論課程內容與教法、大一下新增一門工具類選修課、大二上到大三上則需各新增一門整合實作選修課「專題實作(一)、(二)、(三)」(試辦期課名改為「跨域實作」選修課)，未來考慮調整為必修，以取代現

行教學效果較不理想的食譜式綜合實驗課。大三下及大四上則改善原有總結式課程的內容。我們希望能由實作貫穿，學生的技能逐步精進。

此外，各實作科目也搭配該學期的相關必修科目形成主題式課群(如表4)，以求由必修科目支援推進實作的知識技能要求，也借由課群需要反過來逐步檢討原必修科目的內容與教法，逐漸試探微調的可能性。學生也能在此過程中，學習團隊分工合作。值得一提的是，其中的「船舶產業實務與展望」科目為數年前本系執行「海洋科技新貴教學計畫」時所新設的初階認識業界實務科目，在調整授課教師與教學方法後，亦得以延續。

圖1 系統系原有(左)及更新後(右)的課程地圖



◆ 延伸總結式課程

大四下在本計畫的範圍之外，但我們也規劃改善相關船舶設計選修課，增加整合與實作的內容，以提供學生進階的學習機會。而其中的「工程史」科目為先前執行「科技與社會教學計畫」時所新設，因此未來將會調整內容與教法，透過工程史案例的深入探討，精進整合所學。故本計畫仍珍惜前兩期中綱計畫的成果，持續採用先前開發的實驗性新科目。

2.3 主題式課群的新舊融整

在規劃主題式課群時，最大的問題是如何將原有必修科目的重要學習內容打破、重組，與新增部分結合。事實上，這對原有知識體系完整、龐大、複雜的工程領域而言，雖然從知識關聯性來看是完全合理，但實務操作上幾乎是不可能的任務。主要原因是，這並非如美國歐林工學院(Olin College of Engineering)般是個全新規畫的課程，而是須在原有架構下調整，因此相當不易。因此，最後我們選擇

圖2 螺旋式課程架構

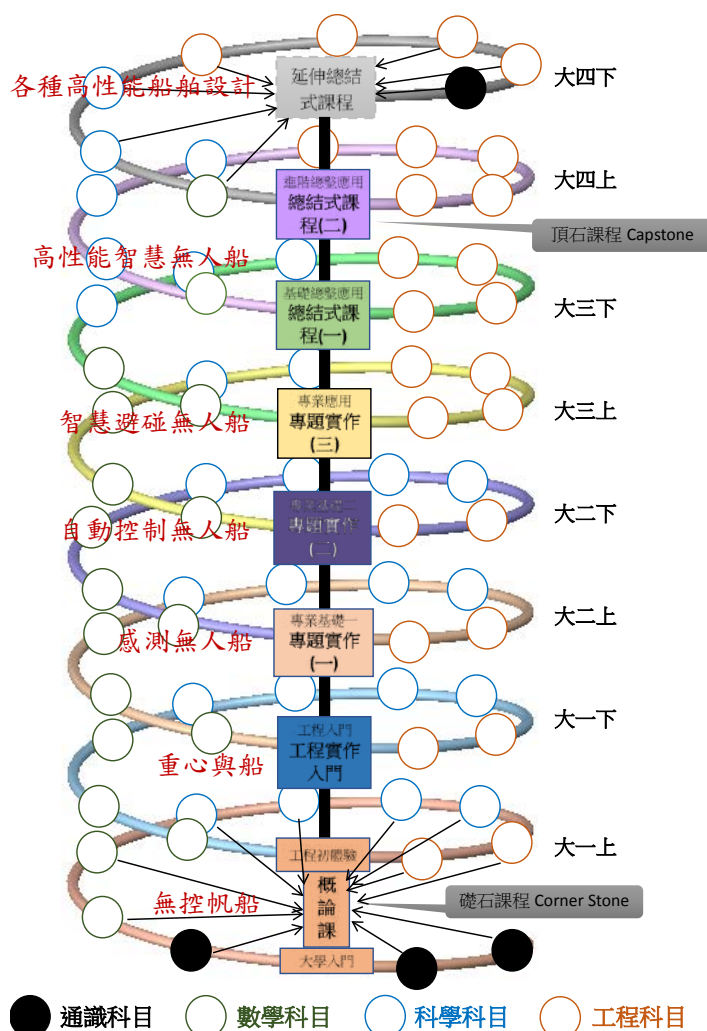


表4 各學期的主題式課群

大一上 工程初體驗	大一下 工程入門	大二上 專業基礎一	大二下 專業基礎二	大三上 專業應用	大三下 基礎總整應用	大四 進階總整應用
微積分一	線性代數	電子學	工程材料學	系統工程分析	系統設計理論	船舶設計基礎
工程圖學	物件導向 程式設計	電路學	材料力學	電腦輔助設計 與製造	人因工程	船舶實驗 設計原理
計算機 程式設計	應用力學一	應用力學二	自動控制	船舶靜力學	船舶阻力與推進	船舶耐海與操控
		熱力學一	流體力學一	船舶結構學	船舶艤裝設計	校外實習
			船舶產業實務 與展望	工程量測與 虛擬儀表		[遊艇設計]; [艦艇設計實務]
				微電腦控制		[工程史]
系統與船舶機電 工程概論	工程實作 入門	專題實作一	專題實作二	專題實作三	船舶與機電設計 實務(上)	船舶與機電設計 實務(下)

#粗體字為必修科目；[]內為輪開選修科目。

一個可以繞過分解重組此座大山，但又可以達成融整原有各科目內容的方式，來構築每學期的主題式課群。此方式簡言之，就是對原有科目可以幾乎不動教學內容與方法，或以最小調整的方法將該學期的主題融入這些科目中，然後透過實作科目之內容設計，將該課群各科的重點融入在此實作主題中。換句話說，每學期的實作科目就扮演該學期的微型總結式課程的角色；而原有科目只需要在範例、作業、考試、活動等方面選擇一兩個與實作主題相關的進行即可，例如原來以汽車為例，改以船舶為例。

此種作法以大一上學期的主題課群為例，其中的核心概論課調整期末作業的主題，要求完全沒有大學程度造船或機電專業的學生分組，透過數次小作業的方式，逐漸累積能力，最後要能控制成本，完成一艘帆船模型，以裝載最多的水、最快的速度航行最遠為目標，並要裝設簡易的電子燈號。而此實作主題的過程中，學生需要練習繪製設計圖、計算排水量、載貨量等，以便完成設計書、施工計畫。那麼又如何能把微積分、工程圖學、計算機程式設計整合進來呢？我們的設計是讓學生必須把剛學到的電腦繪圖軟體與三視圖技術，使用到其設計圖中，因

而把工程圖學整合；再要求學生試著把船體曲線寫為近似的簡單方程式描述後，寫電腦程式作此簡單的積分，以求得排水體積。後者能把微積分與電腦程式科目結合進來，但是卻是比較難的挑戰。

3 下一站：工學院 PCK 教學基地

隨著學生來源的多元化，高教深耕計畫中對改善教學的要求，各學院需要成立PCK教學基地。工學院或許可以此新工程教育計畫為基礎，逐步推展。所謂PCK是Pedagogical Contents Knowledge的縮寫，意即「學科教學知識」，是教師在擁有專業的內容知識(Contents Knowledge, CK)與一般的教學知識(pedagogical knowledge, PK)之後，需要結合CK與PK兩者，發展適用於其學生學習特定學科知識時的教學知能，故稱為PCK。以往大學教師必然有其專業的專長，故CK不是問題；而大學教授一般也認為無須、抑或認為不需學習一般的教學知識(PK)，但隨著學生的程度與學習態度的變化，擁有一些普通的PK似乎是未來培養新進教授的趨勢；更重要的是，因應不同專業學科內容的特性，以及各院系學生組成的特色不同，探討如何有效對特定樣貌學生教學的PCK被認為越來越重要。

因此，工程教育改革的下一站或許是從認識我們學生的樣貌開始，然後再針對教授探討數學、物理、化學、生物與其他工程的結合與應用、各類專業學科的各式知識與技能如何培養等議題來研究，以發展適當的教育目標、課程架構(curriculum)、教法、教材、教具、活動、文化風氣等，來培育未來與工程有關的各類人才。咦！你竟然不是說培養工程師？對！連工學院的教育目標是否只是培養工程師，似乎都可以重新討論的。