

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

二十一世紀工程教育新面貌--奈米技術、創意教學、知識礦 掘、程序整合(3/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2516-S-002-007-

執行期間：92 年 10 月 01 日至 93 年 09 月 30 日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：楊永斌

共同主持人：蔡進發，黃漢邦，張所鉉，劉格非，謝國煌，劉霆，廖文彬，
陳延平

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 12 月 10 日

計畫名稱：二十一世紀工程教育新面貌——奈米技術、創意教學、知識礦掘、程序整合 (3/3)

計畫編號：NSC 92-2516-S-002-007

執行期限：民國 92/10/01 至 93/09/30

總主持人：楊永斌 國立台灣大學土木系教授兼工學院院長

壹、摘要

本計畫的執行期限為三年，係以台大工學院現有的學系，特別是土木、機械、化工、和工科海洋系，作為工程教育改善的對象，各賦予不同的任務，從不同的角度進行一些工程教育的改進工作，在獲得初步成果後，再擴展到全院相關系所。本計畫總共包括四個子題，即：建立「奈米技術」學程、推展「創意教學」理念、建構「知識礦掘」體系、和研發「程序整合」模式，其參與面涵蓋現本院有各系所。我們希望透過「創意教學」和「知識礦掘」兩個機制，從水平方向來改進現有之教學模式，使之活潑化和資訊化；另方面，我們希望透過「奈米技術」學程和「程序整合」的手段，從垂直方向將教學領域推展到國際科技發展的最前端。各子題之部分成果已於前兩次期中報告中加以摘錄，以下為三年之成果總結。

貳、「奈米技術」子計畫

主持人為機械系黃漢邦教授（兼任本院副院長）、張所鉅教授（兼任奈米機電系統中心主任）

台灣大學已具備最優良之理、工、電機資訊及管理的教學基礎，並且擁有多個技術專精的研究與育成中心、研究群及實驗室。歷年來校內相關系所投入奈米科技領域的人力物力資源已相當充沛。近兩三年以來更感謝國科會在經費上的襄助，由奈米中心實際執行，積極進行由上而下之研究、教學整合，並以永續經營為理念，期冀能由培育人才至人盡其才一以貫之。因此，本教學計畫的策略乃在於結合物理、化學、材料、化工、機械及電機的基礎知識，並針對有關奈米科技的領域給予大學部（甚至研究所）對此學門極感興趣的學生一些更為深入的專門訓練，如奈米材料科學、超微薄膜物理、表面物理/化學、奈米尺度顯微術、奈米磁學與電子學、奈米光電現象、奈米高分子科學與微機電系統等等，發展一個跨學門、跨系所、跨學院的前瞻性奈米科技教學概念，以學程為依歸，集合國立台灣大學校內不同系所、不同學院與研究中心專才於一室集思廣益，共同交流與合作，積極培育下一代尖端奈米科技人才，以期提昇我國未來在尖端科技領域的競爭力。

我們對教學規劃出的實驗(testing)課程的安排是以全新之「奈米科技導論」以及工學院所開之「奈米工程概論」和「奈米控制概論」為基礎核心課程，「奈米專題實驗(一)、(二)」為基礎核心實驗課程。有鑒於本計劃之跨領域特色，我們採取「群策群力」的方式，亦即召集跨理、工、電資三學院與凝態中心多位熱心相關教師共同教學。我們投入的團隊成員如下：

所屬學院	參 與 教 授
理學院	王玉麟、林敏聰、陳永芳、陳銘堯、周必泰、鄭淑芬、梁文傑
凝態中心	莊東榮、王立義、白偉武、林麗瓊、林倫年、林昭吟
工學院	陳文章、吳乃立、張所鎡、范光照、顏家鈺、陳炳輝、黃漢邦

由上表可知參與本計劃課程教學的教師，分屬本校理、工、電資三學院與凝態中心，皆是目前國內在尖端奈米領域研究的一時之選，另一方面，他們的研究專長在教學上剛好都有互補(complementary)的良性互動關係。

兩年以來所開設之奈米科技導論課程廣受學生肯定，學生迴響熱烈，踴躍程度可以由每學期修課人數皆達到一百人以上，且領域涵蓋各個不同學院系所中可以看出。我們也由此深感目前大學生對於學習奈米科技確實有其迫切的需求性。

我們也同時規劃「奈米專題實驗(一)、(二)」，由已先修過基礎核心課程(奈米科技導論、奈米工程概論)並有意願作實驗的申請學生中選出 20 位來實驗這個奈米專題實驗構想的可行性，以及日後永續經營以及大班制上課需要加強及改善之處。以實驗一為例，我們以三人一組(其中一組為兩人)的方式需修習二個必修實驗課「SPM 操作原理介紹與以及實作：奈米材料之表面圖像觀察」和「基礎電腦模擬奈米結構及態」，再由零維、一維的實驗中挑選出二個實驗項目，每一個實驗大約在四星期內完成。開課第一節時由計劃總主持人周必泰教授先將所有的實驗課目以大綱的方式講解一遍，再由學生的意願挑選有興趣之兩個選修題目。每一個實驗由一位助教(研究生)負責，實驗前先需預習，有些實驗規定隨堂考。在期末時我們亦舉行了一次大考，考試內容皆是學生在實驗中所習得之寶貴經驗。同時，我們也做了問卷調查，所得的結論是大部分學生都覺的實驗相當靈活有趣，可以反映課堂所學知識。奈米專題實驗(二)這學期開始實施，由學生踴躍註冊情景上也顯見基礎課程和實驗的連貫教學確實收到良性的回饋。

除了開設學程相關的奈米課程外，我們也已初步設立永續性的“教學實驗室”，部分相關的儀器設備已陸續進駐，未來將專屬專用，進行專題實驗的教學。據此，奈米中心將來亦計畫提撥員額，傾全力協助實驗室儀器保養、安全維護以及課程安排。

未來我們希望在課程及規劃實驗上能不斷創新，以趕上科研創新潮流，並賦予最大活力。我們將持之以恆的蒐集國內外有關奈米教學資料，考察其具體內容及實施成效。本中心也將密集召開規劃會議，腦力激盪，以凝聚共識，協調整合出一個適合於國內的奈米科技學程，擬定具體的教學課程大綱。同時亦會適時召開評估會議，對於授課內容與學員回饋進行密切考核工作，以提昇奈米學程之教學品質，並建立學程之評量準則，適於日後推廣並納入常態實施之學程，長期培養大學生跨領域奈米科技能力。除了逐步將「奈米科技學程」納入常態實施之學程以外，為提昇大學生與年輕研究人員在習得跨領域科技基礎能力後，能繼續在產、學、研各界投入奈米科技的熱誠與動力，對目前台灣已具有優勢領域深耕，或對未來將重點發展的領域開創先機。

人才培育計畫之目標乃希望能培育跨領域奈米科技人才，以及將奈米技術透過學程教育迅速推展且有效培養高級技術人才，進行人才培育機制，過程中將逐步擴大人力資源供給，方足以達成奈米科技研究中心規劃之目標。

教育部北區奈米科技人才培育計畫，由台灣大學奈米科技中心及奈米機電系統研究中心所主辦。參與計畫學校計有：台灣師範大學，台北科技大學，海洋大學，大同大學，東南技術學院，新埔技術學院，淡江大學，明新技術學院及光武技術學院等。

奈米專題實驗

課程名稱：奈米專題實驗

修習學生：大三以上

學分數：3 學分

課程目標：

接續「奈米科技導論」課程後，以最務實的實驗操作，讓修課學生能實際體認奈米科技在當今各科研層面的發展與應用，藉以讓修習學生能夠真正汲取奈米領域的實作經驗。

限修條件：

- 1.先修科目：奈米科技導論(222 U1110)或奈米工程技術概論(522 U4710)。
- 2.從申請學生中挑選成績前 20 名者。

課程大綱：

以當今最熱門奈米科研領域發展為主軸做實驗基材，區分為零維、一維奈米材料製備及應用，奈米光電子元件設計及量測。

奈米專題實驗舉例：

奈米專題實驗：利用掃描式探針顯微鏡實驗

授課老師：林敏聰教授

(一)實驗目的

- 1.熟悉各式掃描探針顯微鏡。
- 2.學習如何製作高品質探針。
- 3.學習利用掃描試探針顯微鏡。

(二)實驗原理

掃描式穿隧電流顯微鏡（Scan Tunneling-current Microscope）能精準地控制探針的上下及左右掃描，應歸功於一種特殊材料—壓電陶瓷（piezoelectric ceramic），壓電陶瓷是一種會隨著電壓變化而改變長度（或厚度）的材質，它可用來建構STM的scanner，分別控制x、y、z三個互相垂直的軸，而金屬針就位於z軸上。進行掃描時，施加電壓在x、y軸，可驅動金屬針在樣品表面連續來回掃描；同時施加電壓於z軸，使之隨著回饋電路調整探針與樣品表面間距d—當穿隧電流高於設定值，z軸後縮使穿隧電流減少；若低於設定值則伸長，藉此來紀錄樣品表面的起伏形貌。

(三)實驗步驟

1.製作探針：

我們採用0.5 mm粗細的鎢（W）絲，以電化學的方法，在KOH 或NaOH 溶液中

腐蝕；或將0.25 mm的鉑銱合金（PtIr）絲拉剪而成，針尖的直徑大都在幾百個埃的範圍。具高解析度的探針常可在掃描過程中以瞬時強電場來促使針尖構的改變而獲得。

2.掃描:

我們採用定電流取像法來掃描圖像，該法是以設定的穿隧電流（1 nA）為回饋訊號。由於探針與樣品表面的間距和穿隧電流有十分靈敏的關係，設定穿隧電流值即鎖定探針和樣品表面之間距。當探針在樣品表面掃描時，探針必須隨表面之起伏調整其高度（即 z 值）；因此，以探針的高度變化來呈像，就反映出樣品表面的形貌。

奈米專題實驗：基礎微機電製程技術

授課老師：張所鉉 教授

實驗目的：本實驗旨在使學生了解並熟悉微機電設備之使用

實驗原理及步驟:

- 薄膜製程 — 以蒸鍍或濺鍍機沉積金屬在矽晶圓上，
- 黃光製程 — 將光罩圖案轉移至矽晶圓表面之感光材料(光阻)上，
- 蝕刻 — 以蝕刻的方式將未受光阻保護之區域的金屬蝕刻掉，使矽基材裸露出來，續用反應離子蝕刻機(RIE)以乾式蝕刻的方式，將裸露之矽晶圓部分蝕刻掉。

奈米專題實驗：奈米晶型半導體感測薄膜

授課老師：吳乃立教授

(一)實驗目的

1. 學習利用溶膠-凝膠法製備具奈米晶型之二氧化錫薄膜。
2. 熟習X光繞射儀(X-ray Diffraction)之使用及分析。
3. 組裝奈米晶型二氧化錫感測器，並進一步探討晶粒尺寸對感測器靈敏度之影響。

(三)實驗步驟

1. 利用溶膠凝膠法製備製備二氧化錫之溶膠，將適量之 SnCl_4 加入去離子水中經水解縮合步驟可得二氧化錫凝膠，並添加氨水以加速縮合之速率。爾後添加過量之氨水使其進行分散(peptize)步驟而成透明之溶膠。
2. 利用旋轉塗佈(spin coating)方式在氧化鋁基板上披覆二氧化錫薄膜。
3. 在空氣氣氛中進行不同溫度及時間之鍛燒，以形成具不同晶粒尺寸之二氧化錫薄膜。

奈米專題實驗：微機電技術及AFM-奈米薄膜量測

授課老師：張所鉉教授

實驗目的：本實驗旨在使學生了解並熟悉利用AFM分析奈米薄膜

實驗原理及步驟:

- 先利用微機電製程將奈米薄膜蝕刻出特定圖案，再利用AFM分析蝕刻好的晶圓輪廓:
- 薄膜製程 — 以蒸鍍或濺鍍機沉積金屬在矽晶圓上。
- 黃光製程 — 將光罩圖案轉移至矽晶圓表面之感光材料(光阻)上。

- AFM表面輪廓分析 — 利用AFM掃描做完黃光製程的光阻層，由於黃光製程所使用的光罩具有特定圖案，這使得顯完影的光阻層具和光罩相同的圖案，故利用AFM掃描後可得到光阻層的輪廓。掃描探針顯微鏡乃是一群有著類似操作方式之儀器的總稱，主要包含幾個子系統：微探針、感測器、掃描平台和控制系統。其操作方式是利用一根極微細的探針（簡稱微探針），在極靠近試片表面處對試片表面的形貌。
- 先利用微機電製程將奈米薄膜蝕刻出特定圖案，再利用AFM分析蝕刻好的晶圓輪廓：
- 薄膜製程 — 以蒸鍍或濺鍍機沉積金屬在矽晶圓上。
- 黃光製程 — 將光罩圖案轉移至矽晶圓表面之感光材料(光阻)上。
- AFM表面輪廓分析 — 利用AFM掃描做完黃光製程的光阻層，由於黃光製程所使用的光罩具有特定圖案，這使得顯完影的光阻層具和光罩相同的圖案，故利用AFM掃描後可得到光阻層的輪廓。

奈米專題實驗：奈米晶型半導體感測薄膜

授課老師：吳乃立教授

(一)實驗目的

1. 學習利用溶膠-凝膠法製備具奈米晶型之二氧化錫薄膜。
2. 熟習X光繞射儀(X-ray Diffraction)之使用及分析。
3. 組裝奈米晶型二氧化錫感測器，並進一步探討晶粒尺寸對感測器靈敏度之影響。

(三)實驗步驟

1. 利用溶膠凝膠法製備製備二氧化錫之溶膠，將適量之 SnCl_4 加入去離子水中經水解縮合步驟可得二氧化錫凝膠，並添加氨水以加速縮合之速率。爾後添加過量之氨水使其進行分散(peptize)步驟而成透明之溶膠。
2. 利用旋轉塗佈(spin coating)方式在氧化鋁基板上披覆二氧化錫薄膜。
3. 在空氣環境中進行不同溫度及時間之鍛燒，以形成不同晶粒尺寸之二氧化錫薄膜。

參、「創意教學」子計畫

主持人為：劉格非〔土木系教授〕、謝國煌〔化工系教授〕、劉 霆〔機械系教授〕、蔡進發〔造船系教授〕、廖文彬〔材料系教授〕。

2001 年新世紀召開之第六次全國科技會議上，陳水扁總統發表書面賀詞指出，近年來世界各國都在加強科技發展，而我國資源有限，各種產業都處在國際自由化的大趨勢下，更需要加強科技發展，建立創新體系，確實做到以科技引領國家邁向知識經濟社會的時代。陳總統並特別指出，知識創新與技術開發是 21 世紀國家競爭力的基石，過去台灣創造了經濟奇蹟、民主奇蹟後，未來必須再造知識與技術創新的奇蹟。從今日全球科技發展的角度而言，一個國家的競爭優勢取決於這個國家在產品開發與改善能力上面，是否能夠快速地超越其他國家，甚至領導世界潮流。在今日技術急遽變遷和產品生命週期愈來愈短的時代，為了維持更為長久的競爭優勢，進而維持我國在世界舞台之永續發展，我們唯一能做的便是比其他的競爭對手運用更多、更廣的創意與創造力。

近年來，世界各先進國家對於創造力與創意設計的教學與發展投入空前的重視與研究。對於我國在此知識新世紀的來臨基本潮流下，第六次全國科技會議議題之主題為「以科技引領國家邁向知識經濟時代」，同時分組研討「國家科技發展總目標、策

略與資源規劃」、「知識創新與學術卓越」、「技術創新與產業升級」、「永續發展與民生福祉」及「科技人才培育、延攬及運用」等五大議題。會議結論更提出以技術創新、產業升級提升競爭力作為政策主軸的施政目標。因此，在我科技與經濟發展邁入關鍵性的階段與面對紛湧而至的新世紀競爭挑戰之際，欲追求活潑創新、知識普及與能力導向的美麗社會，進而推展經濟發展之規模、提升國家競爭力，各級各類科技發展與人才培育勢必成為成功之必要條件。而人才培育與科技發展的重點，則是提升人才「創造力」潛能的開發與運用，尤其在知識經濟的體系中，創意發展是個人、企業、國家發展最重要的課題。而推動普遍性創意教育較慢的國家，將來必然在國際經濟上成為輸家。

回顧我國產業的發展歷程，從傳統產業到資訊甚至半導體產業，是相對優勢的處於勞力代工階段，而非智識創新發展。隨著知識經濟時代的來臨，為加強台灣在國際舞台的競爭力，如何提升我國的創新能力，乃是近年國內產、官、學、研各界相當關注的問題。有鑑於此，教育部顧問室乃於八十九年度開始推動「創造力與創意設計教育師資培訓」計畫，擬以工程領域為首期對象，有系統的規劃與執行「教材編撰」、「創意設計保護」及「競賽主題規劃」等三大項目；其中「教材編撰」項目，依土木、機械、電機、化工及創意團隊為橫向規劃方向，分別設立「土木」、「機械」、「電機」、「化工」、「創意團隊」、「創造力培養與激發」及「創意設計技法」等七個小組。

該七個小組不但針對基本創意相關概念獲得了豐富的成果（見參考文獻），在土木、機械、電機、化工四方面也各自有了初步的教材。該計畫之第二期也已自九十年七月正式展開，不但針對土木、機械、電機、化工，做進一步教材的擴充。更將範圍擴大到管理學院與商學院，其範圍與層面之持續擴增，已是既定的政策。本計畫就是要利用教育部之成果再針對本校需求加強，同時設計出一連串的課程，使學生能循序漸進，學習到創意性之思考。本計劃就是利用該成果為基礎，更進一步嘗試發展一系列的創意課程。

台灣學子所受的教育一直是填鴨式居多，造成大部份學生（尤其是成績優秀的）思考方式為垂直式，對每一問題一定要用邏輯性思考達到唯一的“正確解”。這種思考方式對個人創意有極大之殺傷力，因此一種配合水平思考（擴散式）的創意性思考方式是學生所需要的。但要求一個人將行之有年的思維改變，是一個非常艱難的工作，需要一連串課程、不斷地練習與老師的配合來達成，而絕非學生上一門三學分課即可達成。同時一個現代的產業，往往需多個不同領域之互相配合貢獻，才有實現之可能，因此這種創意性課程應該是一個跨系所之整合性課程。本計畫之目標就是要規劃並推動一個長期且混合不同專業領域的課程，希望本院的學生畢業後能成為國家知識形經濟之主力。

一、計畫架構與進行方式

本計畫在台大工學院規劃一個三年之連續課程，學生可自低年級時就開始先上基礎課程，有些學生只希望知道何謂創意，所以為了開啟一扇吸引學生進入創意領域的路，我們設計了一門簡介課程。各階段之內容如下（見圖 1 之示意圖）：

簡介課程：偏重創造力的介紹，目標在讓學生了解創造力與創意之意義、來源、涵義和應用。由不同系老師合開此課程，讓學生了解創意在不同領域的應用，上課時將各系同學混合編班，以達到不同研究領域、互相刺激學習的目的。

基礎課程：偏重個人思考方式與基本創意技法（技法類別見三、研究方法），目標在訓練個人的創意思考方式與排除個人阻礙創意思考的因素。本院有五個科系，可在其中三到四個系開授，上課時將各系同學混合編班，以達到不同研究領域、互相刺激學習的目的。

中級課程：先就各研究領域案例分析，複習基礎課程之各技法。其次則偏重創意團隊之組成、基本管理策略與專利法、著作權法之說明。此部份適合各系分別開授，但學生仍應混合編班，才能在創意團隊之學習中，學到跨領域之整合。

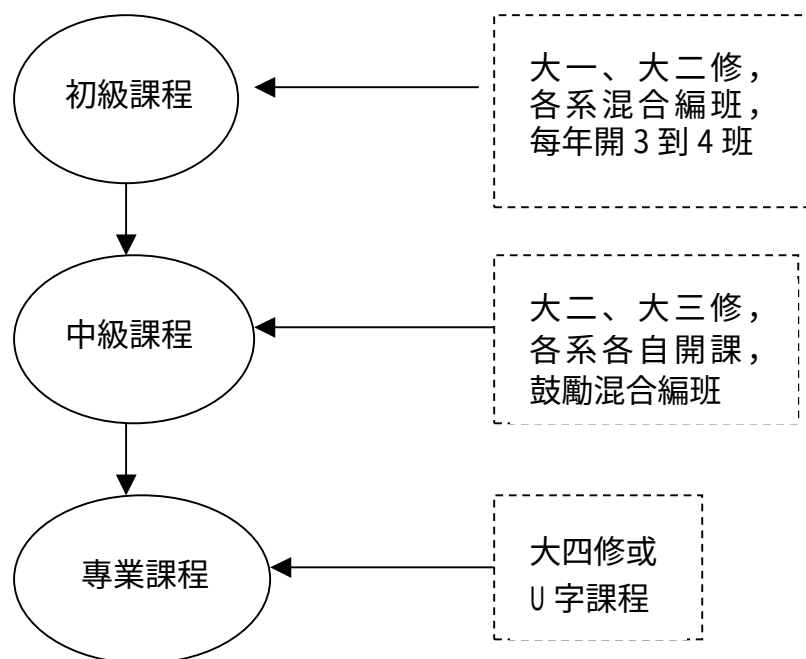


圖 1 創意工程課程

分成三級之後，最需要的是師資與教材。教材部份雖可利用教育部目前在進行的教材編寫計劃成果，但該計畫只有土、機、電、化四種教材，本院之材料系與造船系仍需加以修改才能應用，因此材料系與造船系得針對中級以上課程教材進行撰寫工作。至於專業教材部份得視各教授研究領域不同再鼓勵個別進行。師資部份則是在基礎與中級課程上需要老師投入，因為這種課程並非各教授之專業研究領域，可預期有意願投入之教授不多，因此進行方式擬自各系挑選年輕教授加以培訓，使之能長期擔任此類課程之開授。如何挑選與訓練授課老師也就是工作的重點。

而又因為各系其基本理念均不相同，因此在推動此一整合型課程時一定會遭遇阻力，此阻力也有待計畫參與人員互相溝通瞭解後來達到一個共識。故如何對內增加院內同仁對創意教育的支持，如何對外推廣創意教育的受重視程度，也就成為工作的重點了！

課程內容

課 程	創造發明概論	基礎發明創造工程
定 位	初級課程（簡介）	中級課程（技法）
學 分	2	3
開課時間	92 學年度	91 學年度(下)
開課老師	劉霆、謝國煌、劉格非	蔡進發、廖文彬、劉格非
內 容	見附件	
開課方式	三位老師合授一班 二年開一次	每位老師各授一班 每年都開，但每位老師可隔年才開

※ 二門課之間並無從屬（"創造發明概論"並非"基礎發明創造工程"之先修課程）

※ 不同老師授課可以採不同方式與方向

二、最後各課程內容與上課結果

名稱：創造發明概論(Introduction of Innovation and Invention)

學分：2

課程目的：

這門課由工學院各系所的老師合開授課，目的針對一般工程領域的學生，介紹創造發明的基本觀念，培養學生創造性的思考能力，並藉由各個不同的工程領域的實務問題的解說，幫助同學能對創造發明產生興趣，並能夠實際運用創造性的思考方法在學習與生活中，提高學生的創造力。（另一期望是藉由不同領域老師的解說，可以讓學生接收更多更廣的工程知識，瞭解其他的專業。）

課程內容為一般觀念的介紹與闡述，以講演為主，課程中有一部分演練、討論，期末舉辦一次創意比賽，學生要交作業、心得報告。教材之架構分成：理論介紹、方法及個案介紹，演練，並且邀請學者及發明家或工程師演講發明經驗，作業可以指定閱讀，分組做口頭報告，與小組討論報告（如果可能的話）。講授分成幾個部分，由不同工程領域的老師，並邀請實務經驗的學者、發明家，或是工程領域的專業工程師來演講。

修課人數以 120 人為規劃的方向，以一、二年級學生為對象。

課程規劃：總計上課 16 次

1. 創造發明的意涵與重要性
2. 創造力的定義與理論
3. 創造力的本質，創造發明的障礙
4. 問題的認識與發掘問題
5. 想像力與工程創意思考
6. 創造發明的基本技法
7. 土木工程之發明案例與發展
8. 機械工程的發明案例與發展
9. 化工工程的發明案例與發展
10. 海洋工程的發明案例與發展

- 11.材料科學與工程的發明案例與發展
- 12.專利法之介紹，專利範圍及侵權，專利申請與寫作。
- 13.發明家的發明經驗與心路歷程
- 14.學者專家演講或座談（如邀請陳龍安教授演講）
- 15.比賽，如投雞蛋、丟西瓜、搭紙橋等
- 16.考試（小考或期末考）

評分及考試：

成績分配：平時作業及報告(約 2 至 4 次)佔 35%，考試 35%，期末的比賽與心得報告 30%。

名稱：創造發明概論(Introduction of Innovation and Invention)

課號：522U5070

授課老師：劉霆、劉格非、謝國煌

學分：2

課程目的：

這門課由工學院各系所的老師合開授課，目的針對一般工程領域的學生，介紹創造發明的基本觀念，培養學生創造性的思考能力，並藉由各個不同的工程領域的實務問題的解說，幫助同學能對創造發明產生興趣，並能夠實際運用創造性的思考方法在學習與生活中，提高學生的創造力。另一期望是藉由不同領域老師的解說，可以讓學生接收更多更廣的工程知識，瞭解其他的專業。

課程內容為一般觀念的介紹與闡述，以講演為主，課程中有一部分演練、討論，期末舉辦一次創意比賽，學生要交作業、心得報告。講授分成幾個部分，教材之架構分成：理論介紹、方法及個案介紹，演練等。本課程由不同工程領域的老師，並邀請實務經驗的學者、發明家，或是工程領域的專業工程師來演講演講發明經驗，本學期邀請發明家楊泰和先生、宜蘭大學韓錦玲教授。作業包括指定討論、資料搜尋、指定閱讀心得報告，期末口頭與書面報告。

課程大要與規劃：總計上課 16 次

- 17.創造發明的意涵與重要性課程內容安排，創造力的定義與理論。
- 18.創造力的本質，創造發明的障礙。
- 19.問題的認識與發掘問題。
- 20.想像力與工程創意思考。
- 21.創造發明的基本技法。
- 22.土木工程的發明案例與發展。
- 23.機械工程的發明案例與發展。
- 24.化工工程的發明案例與發展。
- 25.專利法之介紹，專利範圍及侵權，專利申請與寫作。
- 26.發明家的發明經驗與心路歷程，分別邀請發明家楊泰和、韓錦玲教授演講。
- 27.期末報告，設計一種可以測驗同學創意的的方法，書面與口頭報告。

評分及考試：

成績分配：平時作業及心得報告(約 2 至 4 次，由三位老師共同評分)佔 45%，一次小考 25%，參觀與協助第五屆創意實作競賽交報告 10%，期末的報告 20%。

檢討：

修課人數共計有 49 位同學選修，其中有五位是研究生，以三、四年級同學為主要，有 34 位，約佔七成。系所分佈以機械系、化工系、以及材料系同學比例較多，各約三分之一，也有一位理學院及一位社科學院的同學。大都是工學院的同學，同質性高，課程安排比較容易。

由於授課老師有三位分別是土木、化工、及機械領域，課程涵蓋可能與學生背景不太相同，對於實例討論有時不能夠吸收。可能仍然要以分班、分組，更能使同學有所感受，或是將實務盡量生活化，接近同學的需求。同學反應課堂講授的部分太多，應該要安排有更多的實務與演練。課程內容需要再予以精簡及統整，增加活動、討論、實作，以提升同學的參與感。

名稱：發明創造工程

學分：3

課程目的：

這門課並非技術之傳授，而是要教導學生不同的思考方式，希望學生能以自己的思考方式開展創意。因此上課時一定要慢慢的，注意學生的反應，同時各項觀念一定要在課堂上反覆讓學生每個人都練習，才能達到思考方式改變的效果。也就是一定要學生有反應了，才可繼續下去，若只做到觀念的灌輸是不會有效的。

第一部份 創造力之本質與激發

週數	進度	Power Point 檔	活動
第一週	1.1 科技創新一世界趨勢、時代背景	創造力的時代背景 創造力的發展史 創造力的遠景	1 自我介紹 2 字義聯想練習
第二週	1.2 創造力的涵義簡述 1.3 國內外創造力成效與範例	第二堂課 案例	1 討論各公司的特色 2 討論如何讓台大更有創意
第三週	1.4 創造力的定義與內涵	創造力的好處 創造力的歷程 創造力的結果 創造力自我訓練的方法	
第四週	1.5 創造力之本質，阻礙創造力之因素	語言障礙簡介 知覺障礙簡介 情緒障礙簡介	物件描述
第五週	1.6 影響創造力之因素	突破思維障礙的法則	創意食譜 動腦作業單 感官替代
第六週	1.7 發掘問題	觀點改變法 生涯規劃的方法	觀點改變練習 校園巡禮(1hr+討論) 自我瞭解 (CPS 訓練)

第七週	1.8 想像力與工程創意思考	水平思考法 成為創意人的秘訣 陪養創造力的策略與技巧 十二思路法則	音樂作文 看圖作文(寫原因) 創意自我介紹(印象描述)
第八週	1.9 創造發明之方法(上) 反轉, 合併, 轉移	創造發明之方法(一)	方法練習
第九週	1.9 創造發明之方法(下) 轉向, 增加, 減少	創造發明之方法(二)	方法練習 (HW) 專利品再創造
第十週	期末作業相關知識說明例如 (團隊創業練習)	創造力問題解決 創造力團隊 12 項	(團隊創業說明) (HW)

第二部份 創意技法

第十一週	2.1 演繹法/歸納法	創意工程基本思考模式 發明創造工程演繹法/歸納法	演繹法/歸納法練習
第十二週	2.2 檢核列舉法	發明創造工程檢核列舉法	屬性列舉練習 缺點列舉練習 檢核列舉法練習
第十三週	2.3 類比法	發明創造工程類比法	學生分組互相出題讓別組 練習類比法
第十四週	2.4 心智輿圖法	發明創造工程心智輿圖法	心智輿圖法練習
第十五週	2.5 腦力激盪法	發明創造工程腦力激盪法	腦力激盪法練習
第十六週	2.6 魚骨圖法	發明創造工程魚骨圖法	分組練習, 結果討論
第十七週	智慧財產權與專利法簡介	Patent	
第十八週	期末作業發表		各分組報告

說明：創意技法是一個專門的領域(洪榮昭, 2001)。由專家提出而可以協助創意發展的技法有超過卅種，這些技法適用的範圍與情境均不相同。考慮到這門基礎課程是學生第一次接觸到不同的思考方式，因此課程內容選擇易於學習但有代表性的方法，如類比法、歸納法、腦力激盪法、魚骨圖法、檢核列舉法等，每一技法一定要配合練習，因此課程內容選定後，要補充練習活動之設計。

評分及考試：

成績分配：平時作業及報告 2 次各佔 30%，期末的報告 40%。

三、討論

發明創造工程課修課學生為 44 人，還包括多人旁聽，修課的學生來自理、工、農、商、和電資學院。學生反應非常熱烈。學生剛來修課時，對創造力了解的程度都是一片空白，修完之後，創造的能力都明顯上升，且幾乎一致認同創意課程的確很重要。甚至許多學生上完課後，在不具名的學校評鑑中說這是大學四年中修過最重要的課，不但對自身有更深入的了解，對不同方向的思維，更易接受與掌握。

名稱；基礎創造發明工程

學分：3

授課老師：蔡進發，謝傳璋

(一)、上課模式

1. 小組討論 20 分鐘
2. 小組報告 20 分鐘
3. 結論(10 分)
4. 本週主題(50 分鐘)
5. 本週主題練習(40 分鐘)
6. 心得(10 分鐘)

(二)、課程內容

1. 創造發明概論
2. 創意的本質(0!AIAA)
3. 如何定義問題(IDEO)
4. 如何產生想法
5. 腦力激盪
6. SCAMPER
7. 期末專題問題規劃
8. 屬性列舉及形態分析
9. MindMap
10. 魚骨圖及 SWOT
11. 六頂思考帽
12. TRIZ
13. 創意團隊
14. 專利檢索與申請
15. 期末專題競賽

(三)、課程檢討

1. 上課時有一半的時間在發言與討論，不是只聽講，同學反應相當良好。
2. 同學討論非常熱烈，但是常會發生離題的情況，老師必需適時將主題拉回。
3. 對不太願意發言的同學形成很大的負擔，但也有同學視之為訓練自己的機會。
4. 本課程限制修課人數為二十人，分成四個小組每組五人。在期末時僅有兩組自己找到題目，有兩組無法找到期末的問題，最後是由老師給了題目，因此同學無法自己找出問題的比例佔 1/2。
5. 因為強調團隊合作，對於在團隊中混水摸魚的同學無法做適當的評估。

(四)、期末專題

1. 創意垃圾桶
2. 最佳電梯營運模式(無成品)
3. 用報紙做的船及槳
4. 用寶特瓶做的船及槳

肆、「知識礦掘」子計畫

主持人為：蔡進發〔工科海洋系教授〕。

子計畫連結網頁：<http://x3d.esoe.ntu.edu.tw/webmining>

or <http://x3d.esoe.ntu.edu.tw/webkm-app3/v2/tmmanager.jsp>

本子計畫以主題地圖(Topic Map)及延伸式標籤語言(eXtensible Markup Language, XML)的相關軟體技術為學習與應用對象，以三年的時間建構知識礦掘(Knowledge Mining)的教學科目並以延伸式標籤語言為樣本建構一具創意的工程教學與學習的網頁。第一年主要是研讀與延伸式標籤語言相關的資料，並開出「網頁設計與網路資訊交換」課程教授以 XML 相關技術設計網頁與網站，第二年則是研讀與蒐集 XTM (XML Topic Maps) 相關的資料與軟體，以主題地圖的技術發展透過網際網路教學與學習的樣版架構。第三年使用 XTM 的相關軟體技術實作出知識礦掘網站。

一、緣由與目的

現今的網際網路實質上是一個全球性的資料倉庫，以 WWW (World Wide Web) 為例，我們可以透過搜尋引擎與關鍵字搜尋我們想要的資料。但由於 HTML 資料結構過於的簡單，造成目前大多數的搜尋引擎所找到的資料是毫無組織或毫不相關。因此一個具有良好資料結構、顯示格式分離並且能夠具備語意表達能力的標籤語言是目前網路上大量資訊交換所渴求的。延伸式標籤語言 (eXtensible Markup Language, XML) [1]具備資料結構與顯示格式分離的能力，允許使用者自行定義所需的標籤；主題地圖 (Topic Map) [2-3]則是精確的定位網路資源並加入語意，就如同汽車導航用的全球定位系統 (GPS) 一般。本研究以 XTM 的規範，配合相關網路軟體技術，實作出一知識礦掘網站，提供使用者來組織由網際網路上搜尋到的資料，以獲得有用的知識。

二、主題地圖與 XTM

主題地圖最早是從 1993 年開始發展，目前主要有兩種規範，一種為 ISO/IEC 13250[2]，另一種為 XML Topic Maps(XTM)[3]，兩者最大的不同為前者使用 SGML[4] 標籤語言定義標籤，後者則使用 XML[5]標籤語言定義標籤。XTM 規範中以主題 (Topic)、主題之間的關連性 (Association) 與領域 (Scope) 產生主題地圖的語意。由於是與顯示格式分開，因此透過導覽 (Navigation)，對於相同的一份主題地圖，以不同的角度檢視，該主題地圖就會呈現出不同的觀點，以人的觀點而言，這就相當於知識的導引，而主題地圖則是描述知識的語言。主題是所要討論的任何事物，領域則是提供導覽系統篩選出條件符合的資訊物件；而在實際撰寫主題地圖內容時，主要使用主題、關連性與相關事件(Occurrence)，其中相關事件用來描述與主題有關的資訊，例如主題的說明。主題地圖現今較常應用的領域為建置圖書館[7-8]或醫藥學的知識庫等等，提供跨平台與知識庫內容的交換。

三、系統架構

本研究的架構如**錯誤！找不到參照來源。**所示與語意網(Semantic Web)類似，左邊為邏輯架構，右邊為對應的實作。最底層的 Unicode 為字元的編碼方式、URI 則是描述資源位址，透過此兩者就可用來描述網路上的資源。第二層 XML 與名稱空間 (Namespace)是用來描述資源內容的基本格式，所有使用 XML 來描述資源的文件都使用對應的 XML Schema 來驗證文件格式的正確性。第三層資源描述架構(Resource

Description Framework, RDF)是一套標準的 XML 標籤語言，標籤內含有特定的語意用以描述資源內容，同時也有對應的資源描述架構基模(RDF Schema)用以驗證資源描述架構文件結構的正確性。在本研究中使用主題地圖(XTM)取代 RDF 為資源的描述格式，同時主題地圖與資源描述架構之間概念上相近，文件內容很容易在兩者之間轉換。

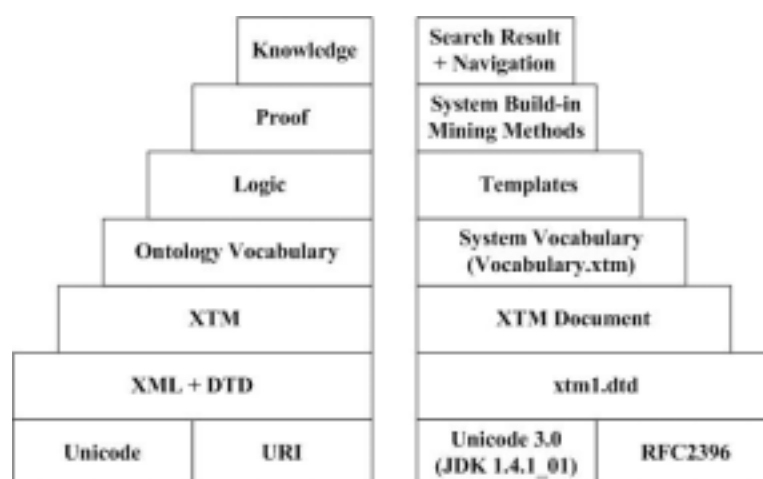


圖 2：知識礦掘網站的系統架構圖

到目前為止僅是定義描述資源的文件所應該具備的基本格式，然而在描述的過程中，要如何讓電腦知道文件 1 某個標籤的內容所講的意思，與文件 2 某個標籤的內容是相同的呢？第四層的本體詞彙(Ontology Vocabulary)解決了這個問題，本體詞彙有點像是網路上的字典，定義了一些基本的詞彙供描述文件在撰寫的時候使用，當網路上的描述文件都統一使用相同或類似的詞彙，文件的內容才能夠彼此交換；同時本體詞彙讓第五層 -- 邏輯層在應用程式理解資料的過程，能夠執行推理的能力。當應用程式經由邏輯層的推理、以及經由數位簽章確保文件內容的真實性，就能夠驗證資料的正確性，最後得到的才是正確的資料(第七層)。

四、學習樣版與搜尋樣式

本子計畫提供一網路上學習樣版的模型[9]，讓使用者針對某知識主題，將網際網路上相關的內容，以主題地圖組織起來。本樣版針模型主要提供以下的訊息：

1. 主題之間的階層關係。
2. 為何會有此主題或此主題的起源。
3. 此主題的內容為何。
4. 此主題的應用。

樣版定義了一個以上的關連性類型（例如 “is based on”）或主題的相關資訊類型（例如主題的介紹、常見問題等等），這兩個類型透過搜尋樣式的定義，告知系統該如何找網頁的內容。

關連性類型定義了一個以上的搜尋樣式，亦即兩個主題之間若要產生關連性時，可能會以怎樣的句子來表示。搜尋樣式的定義，主要由 SS、BODY、ES 組成。SS 與 ES 分別代表一個字串片段的起始與結束，BODY 是樣式的主要部分，包含有 subject、object、grab、any 與 char。char 代表一般的字元，像是英數字、中文字等等；subject

等前四者為系統的保留字，以下是每個保留字的定義與說明：

- subject：代表搜尋主題，定義為 “%SUBJECT%”。
- object：代表相關主題，定義為 “%OBJECT%”。
- grab：代表相關主題的探勘方式，定義為 “%GRAB%”。
- any：代表任何字元，定義為 “%ANY%”。

搜尋樣式主要的應用範圍有：

- 已設定相關主題，欲驗證與搜尋主題間的關連性。
- 自動探勘相關主題。
- 找出主題的相關資訊。
- 網頁顯示關連性的格式。

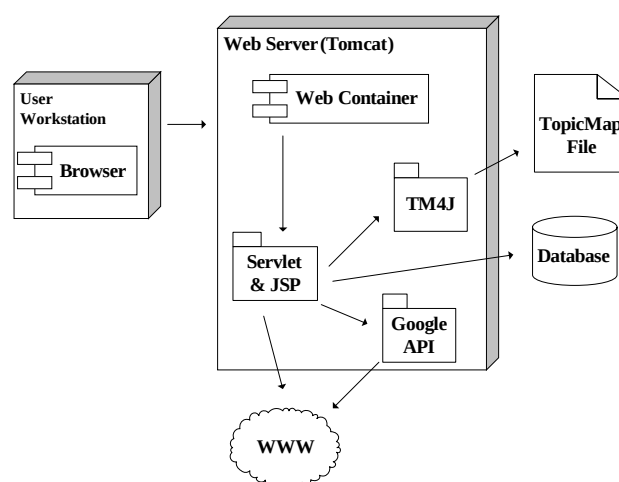


圖 3：知識礦掘網站的軟體架構

五、知識礦掘網站的實作

如圖 3 所示為本網站的軟體架構。網頁伺服器採用 Apache Software Foundation 所開發的 Tomcat[10]，提供網頁服務還提供了 Servlet API 能夠設計以 Web 為基礎的 Java 應用程式；為了讓樣版程式能夠方便且快速的存取 XTM 的內容，本研究使用 Kal Ahmed 所開發的 TM4J[11]。這套軟體是將 XTM 文件的內容以物件的方式儲存，如此使得樣版程式就不需要在自行解析 XTM 文件的內容。此外 TM4J 亦可以指定 XTM 內容在電腦中儲存的方式，除了儲存於記憶體外，還可以儲存於一般的關連式資料庫(Relational Database)、物件資料庫(Ozone OODBMS)，圖 4 是查詢與組織主題地圖的流程。

本研究所建構的知識礦掘網站，其主要查詢畫面如圖 5 所示，搜尋結果的導覽如圖 6 所示。

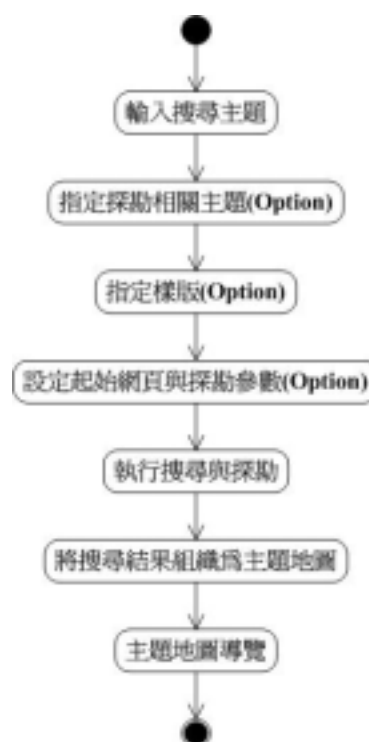


圖 4：查詢與組織主題地圖的流程

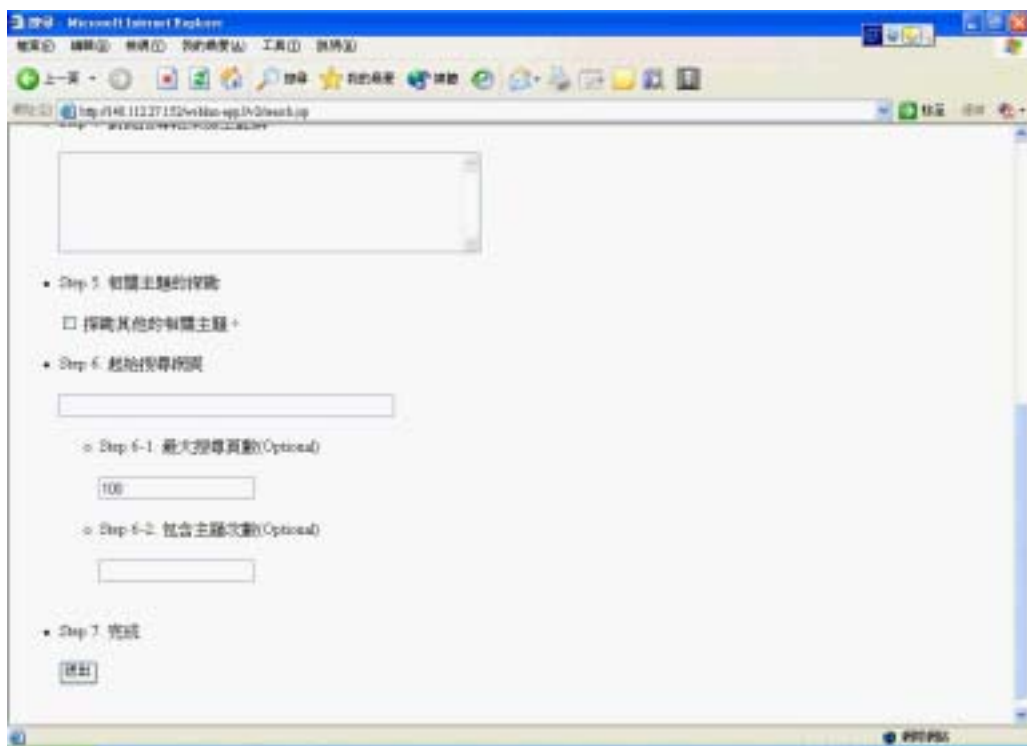
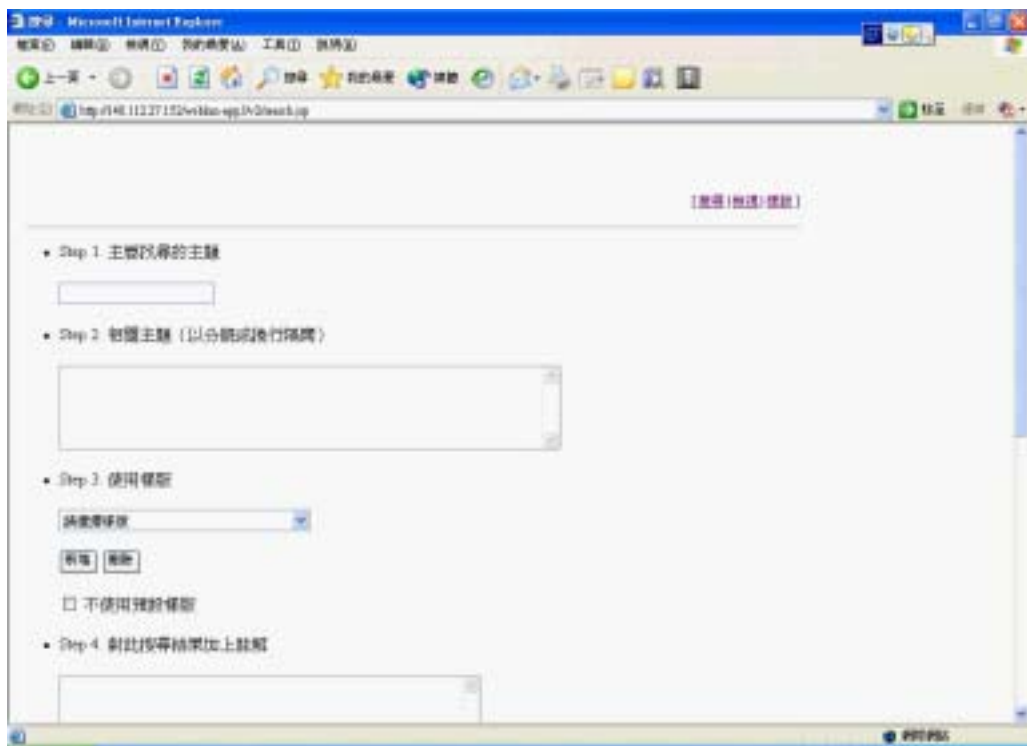


圖 5：知識礦掘網站查詢畫面

網路資訊交換”課程，教授以 XML 相關技術設計網頁與網站，目前已開授三年每年約有三十位同學選修。

參考文獻

1. Tim Bray, Jean Paoli, C.M. Sperberg-McQueen, Eve Maler, “Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)”, W3C Recommendation, 6 October 2000.
2. “ISO/IEC 13250:2003 Topic Maps: Information Technology – Document Description and Processing Languages”, Second Edition, 19 May 2002.
3. Steve Pepper, Graham Moore, “XML Topic Maps (XTM) 1.0, TopicMaps.Org Specification”, 6 Aug 2001.
4. “International Standard ISO 8879 Information Processing - Text and Office Systems - Standardized Generalized Markup Language (SGML)”, First Edition, 1986.
5. “Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)”, W3C Recommendation 6 October 2000.
6. Steve DeRose, Eve Maler, David Orchard, “XML Linking Language (XLink) Version 1.0”, W3C Recommendation, 27 June 2001.
7. 林光龍, 歐陽彥正, “佛教知識庫的建立：以 Topic Map 建置玄奘西域行為例”, 佛教圖書館館訊 第三十二期, 91 年 12 月.
8. 周利玲, “跨資料庫檢索技術之概念與應用簡介”, <http://www.lib.ntu.edu.tw/pub/mk/mk59/mk59-10.htm>
9. <http://140.112.26.99/~topicmap/KnowledgeMap>
10. “The Apache Jakarta Project/ Tomcat”, <http://jakarta.apache.org/tomcat/>
11. “PROJECT TM4J – TOPIC MAPS 4 JAVA”, <http://tm4j.org/>

伍、「程序整合」子計畫

主持人為化工系陳延平教授

化工程序設計是化工系大四之核心必修課程，課程內容綜合大學所必修之課目如單元操作、化工熱力學、反應工程，程序控制等，進行實際化工程序之設計。近年化工程序設計之重要內容，包括電腦輔助程序設計(Computer-aided process design)，程序整合(Process integration)，與產品設計(Product design)。

產品設計是最新發展之主題，它的內容在於依據消費者所需求的產品特性，設計此產品所應用的材料，然後再經由程序合成及設計，完成此特定產品的生產流程。基本而言，產品設計即含有高度整合性的意義，它必須考慮市場經濟的需求，結合化學、熱力學、特用化學品、分子模擬、反應工程等專業知識，以及管理決策的基本概念。在民國九十三年，已經有教科書(Product and Process Design Principles, J. D. Seader et al., Wiley, 2003)出版，而經由本計畫之執行，亦在台大化工系開授之化工程序設計中，講授此產品設計內容。

程序整合之傳統範圍，包括熱交換器網路設計，分離程序之排序，公用系統(蒸汽、水之最佳化利用，以及汽電共生)等。此技術對於省能減廢之綠色化工製程極為重要，經由本計畫之執行，得以在台大化工系大學部及研究所極力推廣。

本計畫第三年度之工作內容，主要包含下列各項：

- (1) 完成程序設計講義之撰寫，並準備正式印書發行，預計民國 94 年暑假前完成。

- (2) 繼續在大學部程序設計課程中，推廣製程整合之觀念性設計方法。
- (3) 指導大學生及研究生進行超臨界技術之研究工作，結合清潔生產技術與化工程序設計，完成設計報告與研究論文。
- (4) 繼續與國外學術合作，並與國內產業界保持良好互動。
- (5) 訪問國內廠商，實地了解程序整合在工業界之實用情況。
- (6) 籌畫國際性研討會及講習會，使學生得到專業訓練。
- (7) 繼續推廣遠距教學。

以上各項工作，部分承接前兩年之工作範圍，繼續推廣完成，部分乃是開發新的教學題材，使大學生與研究生得到更專業的訓練。

二、執行方式與成果

1. 本系程序設計之教學講義，由呂維明、陳延平及余政靖三位教授並同編寫，經多次修改，於 93 年暑期決定撰寫教科書發行，內容分為程序合成、程序整合、電腦輔助程序設計、裝置選擇與設計、經濟評估、程序控制、程序最適化等，預計民國 94 年暑期之前撰寫完畢及發行。
2. 在化工程序設計之小組專題設計中，整合超臨界技術與化工製程，使學生獲得良好的訓練，去年度已經完成胰島素合成之設計與經濟評估，本年度進行超臨界萃取香精之程序計算，每個主題皆有詳細設計報告產出。
3. 繼續與英國曼徹斯特科技大學(UMIST)程序整合研究所 Professor Robin Smith 合作，於民國 93 年 4 月在台北舉行雙邊教學研究討論會，並安排與台塑石化設計部門交換研發心得，洽談合作開發研究之可行性，本年度第二次會晤定於 93 年 10 月 29 日舉行。
4. 參與經濟部能源局舉辦之能源節約效率評審，至國內各傳統化工產業訪察，了解各工業程序之程序、操作與製程改良，並經由實際案例，了解程序整合對節約能源之重要貢獻。經由此次訪察行程，累積實際經驗，並作為教學範例之藍本。
5. 參與經濟部支持之學界科專計劃，執行超臨界技術在藥物微粒化製程開發與整合之子計畫，配合其它子計畫之熱整合及質量整合研發項目，使參與研發之學生，獲得良好之程序整合觀念。此計畫之執行，也與工研院、金屬中心等法人研究單位，以及製藥廠商合作，開發高效率整合製程及高價值生產程序。
6. 與工研院能資所合作舉辦程序整合研討會，主要講員為英國 Professor Robin Smith，預定舉辦時間為 94 年 3 月。經由此研討會，可使國內產學界得到製程整合概念的良好研習。
7. 民國 92 年 11 月訪問日本東北大學，研討超臨界流體技術在化工製程之整合應用。民國 92 年 11 月及 93 年 11 月在台北舉行國內超臨界技術研討會，民國 93 年 10 月參與在中國大陸舉辦之超臨界技術國際會議，民國 94 年 11 月將由台大化工系主辦此國際會議。
8. 成立台灣超臨界研究協會(93 年 7 月)，本人任理事及國際合作主委，積極推廣教學及研發工作。

9. 在化工學會教育委員會中(93 年 8 月)，負責程序設計專題設計題庫之建立與收集，提供程序系統工程之教學重要參考。

三、結論

經由本計劃三年之執行，獲致下列具體成果：

1. 促進台大化工系與英國 UMIST 程序整合研究所之長期合作，獲得整合設計軟體，有益於本系之程序整合教育。
2. 多次開授程序整合研究會及講習班，使國內學術界及產業界得到良好研習機會。
3. 完成本系程序設計課程講義之撰寫，並執行教科書籍出版工作，預計 94 年中旬完成。
4. 參與工業界之實地訪察，了解化工製程及程序整合實際運作案例，作為教學重要資料。
5. 培養大學部學生完成程序設計及整合計算，撰寫設計報告，達成人才培育之目的。
6. 開發新的程序整合教學主題，例如「產品設計」，使大學部學生獲得更完善之程序設計訓練。