

## 論壇

# 十二年國教課綱倡議的溝通與實踐—— 從編撰教科書到十二年國教課綱 「探究與實作」的研修兼談未來教育

| 陳竹亭

## 壹、緣起

身為一個化學學科專業，從事基礎研究的化學家，會轉向科學教育，參與教科書的編審用考、九年一貫課綱微調、十二年國教課綱研發，開創 108 課綱「探究與實作」課程，甚至成為臺灣跨學科教育（trans-disciplinary education, TDE）（蔡明燁等人，2015）的先鋒（教育部 SHS 計畫），如今在推動高教大學社會責任計畫（university social responsibility, USR），<sup>1</sup> 謀思永續世代臺灣的未來教育。這場斜槓人生應該是一個非全然意外的偶然之成長歷程。

1986 年自美返回母系臺大化學系服務，除了時任系主任的林敬二教授引領，讓我進入系中的第二年就挑起化學系普通化學課程的大梁。楊寶旺教授與劉廣定教授則是帶我進入「科學教育」實踐工作的兩位導師。

陳竹亭，國立臺灣大學化學系名譽教授，E-mail：jwuting.chen@gmail.com

<sup>1</sup> 請參見 <https://usr.moe.gov.tw/tw>

扎實的普通化學教學經驗頗能令我教學相長，臺大化學系承擔了不少國內化學教育和升學考試相關的重大任務。擔任化學系的普通化學授課教師讓我在執教的頭十年就得以參與教育部全國普通化學改進計畫、關係資優教育的化學奧林匹亞培訓工作，以及大考中心大學多元入學的命題研發、大學聯招命題研發，甚至是聯考入闖的重量級任務。這些工作經常要求零失誤的嚴謹度，又有高度的隱密性，因而得以造就了從事設計前瞻創新教學，並且參與全國性重要科教責任的機緣。

1990年代初劉廣定教授提攜我參與大考中心多元入學方案（葉玉玲、丁一顧，2021）擔任命題委員。當時的中心主任正是系中的羅銅壁教授。多元入學的靈魂人物則是臺大數學系的曹亮吉教授。個人主要任務雖然是研發化學科命題，但也有機會接觸多元入學政策或相關法令事務之議決。

從大專聯考的一試定江山到大學多元入學方案，大考中心做了許多研究。根據國外教育制度的調查分析，多元入學倡議的主要教改精神是在民主開放社會中多元智能、普通教育課綱、全民升大學的前提下，尋求發展適才適性的教育政策。隨著國內政治、社會的開放氛圍，教育在升學主義的主宰下也逐漸呈現出更多學習鬆綁的彈性開放訴求。這些改變的大方向與我個人自由主義的教育理念正相契合，也提升了自己與多元教育哲學論述相互激盪的機會，提升了自己對科教實踐工作之後設理論的基礎，也使得個人昔日習得粗淺的哲學素養與教育實務能相得益彰。同時，實務工作經驗快速累積了個人得以理解社會與政府官僚政策的相互運作，職業工會社群或民間團體等彼此間之立場或利益、意見、理念之間的傾軋，對自身工作的妥協或堅持有了新的學習。這也正是現今USR實踐工作中利害關係人之間的動力學。

## 貳、教科書的編審用考

### 一、教育哲學的啓蒙

個人人生的心靈覺醒始自 15 歲。剛考上高中時和摯友約定開始了對教科書自發的預習。我們是臺灣第二屆開始使用譯自美國 SMSG 數學／PSSC 物理／CHEM 化學／BSCS 生物新版教科書（中華科技史學會，2013）的學生。高一結束的暑假，選了陳國成教授編譯的《參考化學》（張之傑，2022）開始自主學習。在開學前讀完了整本上冊以及約 60% 下冊的內容。其中原子軌域理論解釋物質宏觀性質的部分深深吸引了我對化學的興趣。我從來不知道眼不能見的原子科學微觀理論可以對準所觀察到的物質宏觀現象，甚至得以預測尚屬未知的物質特性，而且闡釋得如此絲絲入扣。從此化學研究就成了我終身的志向。

高二時同學間相互的啓發以及導師的鼓勵，初次在學業之外揭開了對課外讀物與自身興趣的探索。當時臺灣社會上文哲史的出版遠比科普書籍蓬勃，較吸引年輕人的如《文星》雜誌、王尚義的《野鴿子的黃昏》、存在主義哲學的小說等啓發了我的批判思維，哲學中浪漫深邃的思想很快地就成了滿足自己青少年維特情懷的仰慕對象。當時影響自己較深遠的書籍有威爾·杜蘭的《西洋哲學史話》；個人也生硬地摸索了康德的《純粹理性批判》；盧梭的《艾彌兒》則觸動了我對自由開放教育實踐的心志和想像；彼得·蓋伊的《啓蒙運動》撼動了對社會集體智慧蓄勢待發的年輕熱情；佛洛姆的《愛的藝術》則是提升了自己對人類的愛賦予崇高的承諾和希望。西方的古典音樂與歐洲印象派、古典派及文藝復興的藝術煞時如雨後甘霖般的取代了中國的詩詞歌賦。除了科學的洗禮，西方文明在我心中完成了中國五四未盡之業。西方的教育與哲學、民主與自由更是在內心深處撒下了神聖的種子。

成年之後，這些種子不僅沒有褪色枯萎，反而是隨著年紀的增長而開枝散葉，引導了自己職涯心志的方向與抉擇。原來在我還未進大學之

前，這些自我的內在探索早就奠立了自己的人生價值，即使智識增長，心智的磐石早已是矢志不渝。心存正念與希望是我對人類文明最大的頌讚。而個人初嚐的自學體驗才是提供人類大腦無界塾成長之最佳範例的信心來源。

## 二、教科書的編輯

個人對國內重大教育政策較不能苟同的就是全民運動式、教育部專管的「普設大學」。全國在大學人力資源不足、師資不齊，技職教育的教師轉職普通大學以學術研究為升等之途尚未能適應的情況下，甚至國家規劃未能預見社會快速地奔向超高齡化與少子化，所有的技專校院都先急著改名為「由你玩4年」。直至今日，全民上大學的後遺症仍然延宕著全國人力資源適才適性的目標，教育政策的社會信任度也是緩滯不前。

如今，以後見之明來看這個全國青年讀大學的政策，不只忽略了已開發工業社會的趨勢而已，也因著社會民粹思維興起，在學校尚無能以彈性學制平衡天賦差異，追尋教育多元發展的育才機會時，忽略了自私自利的人性。企圖以單一的學力測驗制度決定全國學子升大學的管道。以致多元入學名存實亡。而且教學現場充斥畸形考試領導平庸教學的歪風，使得教育目標本末倒置，愈發傾向填壓（填鴨）式補習教學的畸型發展。

也是在大學多元入學的理念下，教科書依「一綱多本」的新政策全面開放民間撰寫。我也在書局及同事的邀請下，於2000年接下了高中化學教科書主編的擔子。教科書在國內最重要的意義就是升學考試的命題依據。但是教科書的英文是“textbook”，本於自己高中自學的經驗，我深信教科書的核心意義就在專業學科「文本閱讀」的品質。

此外，文本閱讀是我進入教科書作者思維的啟發途徑。所以我也相信「閱讀的目標是從讀書到讀人！」據此，我在編者的序言中寫下了自己對教科書的信念：「閱讀是科學教育中不可取代的一種學習方法。教

科書正是操演這種學習方法的最佳工具。閱讀教科書除了要理解書中的學科內容以外，也使讀者認識作者的思考方式與邏輯。一個會讀書的人，閱讀每一本書的主要目的正是要明白作者的思維方式與思想內容。基於這種教育理念，本書的撰寫……，冀能使潛心於閱讀的學子領悟有結構、有序理的知識，才會成為有用的學問」。

針對閱讀的技能而言，我也主張閱讀任何文本必須學習掌握關鍵「觀點」的結構，並且學習組構作者闡述的學科概念與涵義。觀點（perspective）絕不僅是一些想法而已，更不是泛泛的膚淺意見。大英百科全書的解釋“perspective”是一種描繪圖像的技能。<sup>2</sup>將一個三度空間的立體構造在二維空間的平面或是更低的維度上呈現出圖像的特徵。簡言之，“perspective”直接的意思是透視。進一步看做學問的目標先是要認識前人知識的觀點，所以建立觀點的條件不僅是大腦對三度空間的視覺認知本能，更是對提出觀點者之何所指要有一個「有意義的想像」。所以掌握觀點結構是建立專業學科知識的起點，也是培養素養的第一步。

### 三、教科書的選用

臺大化學系向來使用國外的教科書，教育哲學、教學的重心到教材教法也只能融合在選書的過程。不過美國教科書形式多樣、內容多元，還是可以有所選擇。反而是國內教科書雖採一綱多本，在升學考試定於一尊，出版商掌領編撰決策及行銷大局的情勢下，幾乎難以看到教科書有作者特殊傑出教學思維和經驗引導的精絕版作品。市場重心全看出版社提供教師的贈品，包括所有的教學配備，根本是掠奪了教師在職成長的空間。

至於要建立多元與多重的觀點系統就更需要從經驗與想像連結學習的過程。連結主義或稱連結學習理論（connectivism learning theory）

<sup>2</sup> 請參見 <https://www.britannica.com/art/perspective-art>

正是在資訊暴增、網路發展的環境下對線上學習模式產生的教育理論。在龐大資訊躍上雲端的世代，影像與聲音的經驗也能使學習者領悟觀點形成有效的絡合（networking），而建構演化出複雜多元、複式思維的跨學科多維觀點（multi-dimension perspectives）知識系統。基於手腦相連，做中學（learning by doing）就是為了培養學習者因應「人類世」（Anthropocene）對心理、社會、環境等複雜情境所需之進階思考力的啟發性學習進路。<sup>3</sup>

連結主義的教法，諸如：翻轉教室或磨課師（MOOCs）就會要求自主學習與主動閱讀；短講、跨學科學習就會要求培養思考的跨域整合能力，師生的互動旨在啟發對系統、設計、批判及創新等之思考力。社會參與則是在建立社會覺知與實踐的同理心和認同感，提升社會影響力。

我第一次參與高中化學教科書的編撰是在 20 世紀末。當時和教科書出版商事先約法三章，不可以干涉教科書撰寫的形式、內容、頁數等。尤其文本的內容不能因為行銷市場而輕省竄改是我永遠的堅持。如果出版社有意見可以與編輯團隊討論溝通，但是不可以逕付出版社作行政裁決。

回想我在中小學唸書的期間，國內編撰的科學教科書向來十分簡省。教師就會以講義或是筆記增加學習的深廣度。高一時國內引用的美國 CHEM 版本的高中化學，而我的自修版本又是大學教科書的中譯版。兩相比較，就對西方教科書針對使用者的自學安排設計，留下了深刻的印象。

也是因為如此，我主編的教科書採用了一些當時國內教科書較為少見，但是國外教科書中可以有效幫助學習者自學進修的內容。

（一）篇章的順序基本上依照課綱的架構，此因所有學校的教學和段考全都綁課綱之故。我認為文本必須是教科書的靈魂！所以文本的結

<sup>3</sup> 請參見 <https://www.pedagogy4change.org/john-dewey/>

構邏輯力求清晰，觀點的連結力求順暢。編輯團撰述的內容每一詞、每一句、分段及分節，我都親自刪增彙整。插圖、例題、邊欄內容、附註等都注意到全章邏輯的一致性與連貫性。每章最後還加上「重點摘要」，務期讀者能掌握全章概念的結構性。

(二) 科學人中有不少人感受東西方不僅是文化上的差異，語言文字、哲學、思維也常大相逕庭。西方字彙、詞條或片語的定義闡釋常常比東方語彙來得更精準。因此，當有些含義不明的陳述時，編輯團隊就會詢問對應的英文為何。所以教科書增加專門詞彙 (glossary) 的單元，除了提供中英對照的名詞、語彙，盡可能以不超過 50~100 字的內容，敘說詞彙的含義。這個單元不全在於名詞的定義，而是提供重要關鍵詞彙的中英對照。讓學習者體會今日的科學界掌握關鍵詞的英語語彙，對資料的攝取就掌握了有效的工具。

(三) 美國化學教科書中的練習題是精熟概念的工具，每一章的練習都有幾十上百題，重點在讓學生熟悉原理的應用，或是學習計算、數據分析等技巧的演練。我國許多教師的教學則是重視昔日的升學考題超過練習，所以大都有課外準備的補充教材。也是因為如此，許多教師非常在意教學時間不夠，因為考題愈積愈多，課永遠上不完。108 課綱的自然科學領域授課時數雖然有下降，內容也有減少。學分數下降卻是調查了世界許多國家的課程後做的決定。我們課綱缺的是選修的彈性，而非授課時數。教師們的教學目標若是為了熟悉昔日考題，授課時間是永遠不夠用的。

(四) 事實上我每年在臺大做大一普化課堂調查學生使用教科書的情形，每年都有超過半數的學生在中學領到教科書後就束之高閣，再也沒碰過。表示不少的中學教師根本不用教科書。這種現象有幾種可能性，例如：教科書普遍編得太差，不值得讓學生讀；也可能教師們多認為自己的講義比教科書好太多了；或者教師們向來不認為閱讀教科書對學習有其必要性，何必花時間多此一舉？最可能的理由則是針對學習解

題而言，直接練習解題遠比任何其他學習有效，包括閱讀教科書都可以犧牲。卻嚴重忽略了不同的學習進路是爲了養成大腦思考力不同的建構過程。

這就是考試領導教學，甚至超越對學科知識的系統性學習。將是不可思議的捨本逐末式的學校生態，完全背離教育宗旨的學校教師濫權行爲。教師喪失教育主體性，屈服於社會功利主義及庸俗價值，莫此爲甚。

我曾有一次對師資學程開授化學教材教法的經驗。記得我捨棄了學生熟知的 20~30 分鐘實體講授，然後接受教師和同學的詰問講評。我提供的課程內容是：（一）要求學生評論課綱的優缺點；（二）試寫一章教科書的內容，包括教案、習題、考題，並作實體講授；（三）設計一個創新實作教學，並且申論教材教法的教育哲學後設基礎。結果學生個個抱怨功課太重。

教科書的使用向來事關專業學科學習的基本功。我相信自己的理念與立場：閱讀是科學教育中不可取代的一種學習方法，閱讀的目標是從讀書到讀人。

教科書的使用也是檢驗學校教育態度的一盞明燈。不論時代如何改變，喜歡文本閱讀的學子能閱讀好的教科書，總是操練思考力和自學力的不二法門。

#### 四、教科書的審查

教科書的編、審、用、考都是重要的過程。擔任國中理化教科書的審查委員時，我同時也在主編高中化學教科書。一個親身的經驗就是我曾經對化學開宗明義的傳統定義：「探究物質性質變化與相關的能量變化的科學」。改寫成：「物質的變化包含三個面向，就是性質（properties）、能量（energy）與資訊（information）彼此相應的改變，化學正是探究這些屬性對應化學反應變化的科學」。

這個想法是出於二戰後資訊科學發展所產生的啓發。就是物質性質

與能量的改變過程其實蘊藏了許多物質世界的資訊傳遞，例如，若化學反應是伴隨著光的進出，其電磁輻射的波長或頻率就可能隱藏了物質的半導體性質，或是光化學變化的特性。20 世紀二戰後的材料化學，尤其是功能材料的發展如半導體、超導材料、高溫超導材料、液晶等不勝枚舉；特性用途的光、電、磁能之開發，如螢光、磷光、LED、OLED 等，都是利用到物質隱藏的資訊特性開發的先進材料。自從 DNA 結構獲得破解後，生物資訊科學更是最前衛的資訊科學領域，直接影響 AI、製藥、生醫、人體辨識等的創新。資訊絕對是物質的基本屬性，化學知識中不可或缺的元素。

但是教科書送審時立刻受到審查委員反對的意見。以其與傳統定義不符會導致命題可能混淆為由遭到駁回。個人以為除非審查委員能舉證撰寫內容的「錯誤」，否則這類創新的企圖大可由市場定奪。科學的演化與時俱進。如果使用教科書的教師不放心，就不會選我們的版本。審查委員不必以不符合習慣的內容就駁回要求更改。

因此我在擔任審查工作時，對於委員有反面意見時，都會建議持反對意見的委員必須說明內容錯誤之處和理由，否則就應讓教科書的內容通過。持如此立場的原因就是審查委員不宜擴大執行權柄，干預創新，以至於侵犯作者的創作權。

持這樣意見的差異當然又是與升學考試脫不開關係，因為有些委員會以教科書是升學考試命題根據的理由，而對教科書採取了保守謹慎的審查態度。其實命題工作早就有不宜以偏頗少數教科書內容作為命題出處的預防規範。由此可見我國升學考試的威力真是無遠弗屆。不僅直接影響學校教師的教學行為與判斷，甚至對教科書的編、審、用、考，還有課綱的制定都產生了實質的影響，甚或是負面的干預。以考試公平的理由對教育干名犯義，這也是本末倒置。目前全國以統一形式、統一內容的學測、會考作為選才之主要升學評量，以制害學也是我反對的另一理由。

## 五、教科書內容硬性規範為升學考試準則的學習生態環境

目前的升學考試都是依據多版本教科書的共同內容為命題規範，以減少試題爭議為主要考量。但是最為人詬病之處就是以基礎學力測驗的目標，只有必修學分才列入學測考試範疇。如此，學測的考試只及於高一必修課的內容。由於高一的課程常為了銜接國中教材，內容難免有重複之處。教師又常利用教學時間複習考試範圍，將非考試範圍擱置不教的做法。如此考試領導教學的態度會造成進入大學的學生修課程度嚴重落後的現象。

本來教學應當以學生學習為主，評量為輔的順序，完全被升學主義下之考試領導教學的教育現場亂了套。要考的才教，不考的不教，這種教學態度使得課綱擬定的教育目標徹底破功。6-3-3 學制的每一個階段都自有其設定的學習目標。教師擅自把學習主軸從課綱改成練習升學考試，把授課重心擅自以學校的段考、大小考、模擬考作為檢驗升學考程度的工具。這是完全顛覆了課綱規劃的學習進路。是教師失職亂紀的嚴重警訊。當然，教科書的編撰如果也是趨炎附勢地配合考試補教市場的需求，譬如過度刪減簡化文本，以利害義，就是動搖教育國本的行爲，殊不可取。

當然教師工會與家長會集結社會權勢把持學生升學進路，造成幾所「頂尖大學」之學生的家長收入領先全國大學，違背了「有教無類」的教育崇高原則，使得高教淪為市場機制的芻狗。這就是大學校長與大學教師之恥。教授治校落得如此下場，也是卸責失職。

升學考試是協助選才的工具，不能喧賓奪主的掠奪了百年樹人、教育理念的目標，甚至成為社會資源分配的代用機制，教育行政機構與教學實踐單位，和所有其中的執行者都應該徹底檢討省思。

## 參、從課程標準到普通教育課綱

2002年首次參與課綱工作，當時的課程指引剛從「課程標準」轉變為課程綱要。此期間，臺灣經歷普設大學不久，大學聯考也轉為學測，高中聯考則以會考取代。其中最大的變化是原來大學僅有約30所，全國大學聯招只有五分之一至四分之一的學生可以進普通大學，其他的則就讀技專院校。學校的教學雖然傳統，但是社會的升學分配狀態使得就學的競爭不至於白熱化，而且能兼顧差異學習。學生的學習就有足夠的留白時間可以自學發展。

全國普設大學之後，課程綱要採用普通教育原則，課綱內容以中數學生為準，程度就必須下降，授課時數也跟著下降。同時學測與會考的計分實施採用級數而非百分制，突然之間考試的計分張力陡然升高，學生每題錙銖必較。前段的學生雖然學力較佳，讀書的目標霎時轉變成可能僅在爭取少少的90分進步到100分，失去了學習經驗求新躍進的新鮮感。可是中段的學生仍然感覺上在陪公子唸書而缺乏學習成就感，後段學生則是完全不知為何去學校，而不乏中輟逃學者。PISA測驗顯示我國學生即使成績名次並不算差，但是高比例的缺乏學習興趣，也缺乏閱讀動機。徒然掙得一個得分機器的頭銜，卻顯示不出年輕人自我期許、積極進取的生命力。

### 一、九年國教課綱微調

2014年教育部進行99課綱微調，我受召參與九年一貫的自然科學課綱微調，就發現九年一貫課綱其實頗有新意。理化課程在每一單元的起頭都有安排演示實驗或是動手做的單元，以啟發學生的興趣。可惜大部分教師太輕看這樣的設計，照樣實施填鴨教學。國中甚至大多學校放棄了動手的實驗，只在鑽研考題上拼命操練。莫怪多數學生一進到中學就學習性情大變，喪失了好奇心、新奇感的學習，多是無奈，學習新事物、新知識的興奮感幾乎喪失殆盡。

九年一貫課綱雖未宣稱是素養導向，其實已經是重視能力（competence）的培養超過知識獲得與積累。這是依照歐盟 OECD 揭櫫的教育目標，能力講求的已經是知識的應用與其在生活中的彰顯，其實已經是訴求素養的一體兩面。但是九年一貫國中自然科學課綱的創新目標幾乎完全落空，教育部雖然集專家編了一本部編版自然科學教科書，教師會卻花費了很長的時間在爭執教科書的分年進度究竟如何劃分，目的正是爲了要應付考試。

這種教學只知道跟著考試跑的教師，嚴格來說就是教育的不適任教師，社會卻把責任都歸到教改上，實屬不智。殊不知社會隨著時代的演進而改變，步調是愈來愈快。教改實在是因應世局的極速改變，國家人力資源的培植方案必要的調整而已。譬如迎接工業革命 4.0，面臨的是更先進的資訊、AI、物聯網、健康醫藥等科技。尤其現今世界進入「人類世」（陳竹亭，2022），全球環境變遷正挑戰著永續發展與文明的存亡延續。

教改正是要栽培後代做適當的能力發展。教改並不是臺灣自創的新把戲，充其量也不過是跟著歐美的教育變革在調整而已。控訴教改是把自己的子女當白老鼠，不如說是不實施教改就是把下一代人當成面臨彗星撞地球，即將坐以待斃的恐龍。

## 二、108（107）十二年國教課綱

國內比較自創的教育變革也許是十二年國教。的確，並非很多的國家都將十二年基礎教育全部納入國民義務教育，這必須要是有經濟厚實的國家，財政才能勝任。我是在 2014 年加入 107 課綱總綱制訂委員會。當時國教院的前置作業已將大目標設定爲素養導向的學習。此外，降低總學分數也是重要的議案。

幾乎在加入委員會的第一時間我就請教前置工作同仁，「素養」一詞對應的英文爲何？初始之時，委員們並沒有定論，但是課綱進入審查之後，素養對應的英文至終選擇了“competence”，而不是“literacy”。

國教院的前置研究工作曾經收集了不少國家高中修習的學分統計。資料顯示世界上很少學校每日授課時數超過 7 小時，臺灣卻平均每日上課 8 小時。於是委員會決定減少畢業總學分數，而且通過所有的領域等比例降低學分數。後來因中研院的少數院士們發聲，出面抗議國文、數學科降低時數，導致國文、英文、數學三科降低的學分數恢復如昔。國防課也因教官授課時數尾大不掉，而維持學分數不動如山。相形之下，自然科學領域和社會領域的學分就顯得明顯地下降。個人以為這是中研院挾學術名器而亂教育的惡例之一。

結果 107 課綱所有的科目中，實質增加學分數的是科技領域（technology）的 4 學分。科技領域從自然科學領域中獨立出來，確定增加了「資訊課程」，而且與「生活科技」並列，各有 2 學分。

高中課綱的學分數其實與學校中學科教師的課數與人數有絕對的相關性。學校中的核心教師是以分科的課程數綁教師人數，以至於國文與數學教師人數較多，就壟斷了校園中的話語權及議事裁量權。個人以為這不是好的教員生態。以當今的永續世代而言，地球科學明顯地需要位居要津。尤其臺灣海洋環繞，自然生態環境獨特，可以類比紐西蘭面對 20 世紀環境科學的興起，以及本世紀的永續發展思維，正需要更多的地球科學研究與教學發展人力。結果因為地球科學不參加升學考試，反而成為校園中的稀有類別。這種不能依據國家發展重點方向規劃的教育人力資源，以及不能為未來教育布局的師資培育結構絕非教育之福。當前國家建設窒礙難行之處實非教育一環而已，只能盼望靜待時機的到來。

### 三、探究與實作，課程？學科？領域或跨領域？

107 領綱在規劃的過程中的確做了一些大膽的突破，那就是提出「探究與實作」新課程的倡議。當時自然科學領域的必修學分已決定從 99 課綱的 16 學分下修至 12 學分。一個簡單毋需多做討論的方法就是物理、化學、生命科學、地球科學四科各分 3 學分，但是委員們咸認為一門必修課 2 學分已足夠，大家討論的共識就是其餘的 4 學分規劃成一門

跨學科的探究型「PBL 領域課程」，而且期能超越傳統的食譜式實驗課，以實作型的體驗課取代之。新課程還指望更著重提升學習者的思考力與聽說讀寫的專業語文表達。領綱總召陳泰然教授就責成本人擔任新課程研修小組的召集人。

探究與實作的思維與經驗可溯及 2005 年，當時國科會副主委清大廖俊臣教授及科教處處長臺師大林福來教授，邀我參加了國科會史上首次為促進高中職接觸新興科技的課程研發推動之「高瞻計畫」。實施方針是由高中職教師研發新興科技融入自然科學課程，並由合作大學端協助評量及課程學習績效的分析。諮詢團隊的委員們密切的與計畫端校長和教師協作，以共學者而非高高在上的指導評鑑角色，看到了數十所高中職學校的數理教師們驚人的課程研發創意。4 年期的計畫，設計發展了數十個創新動手做的探究式課程。以現在的觀點來看，課程包含了 STEM、STEAM、跨學科（跨領域）、PBL（張淑玲，2022；陳詩妤，2022）、做中學等元素。即使在與日本 SSH（super science high school）交流時也受到國際的肯定與讚許。

以「高瞻」的成功經驗為基礎，新課綱的 4 學分課程的規劃匯集了以下的特色：（一）研修委員由學科專家和科教專家，大學與中學教師共同協作；（二）課程第一個核心元素就是「探究」（inquiry）；（三）其次的元素捨實驗而採「實作」（practice），<sup>4</sup> 強調「體驗」；（四）設定為「領域課程」，以議題／問題（專題）導向重於學科導向實施；（五）依據 PBL 的精神，以發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享來涵蓋學習內容，思考力（包括批判、論證、推理、提問、建模等）、創新力、合作力、表達力、溝通力等人際能力之培養為學習表現；（六）學科知識為學習載具而非目標；（七）培養讓知識轉化為生活中能應用，以及定義問題或解決問題的能力才是目標。

此外，課程名稱就是「探究與實作」（inquiry & practice）。課綱沒有提供課程教案，因為教師必須親自實施課程發展。但是領綱提供了

<sup>4</sup> 請參見 <https://ngss.nsta.org/PracticesFull.aspx>

學習案例指引課程設計的思考重點，簡言之，此課程是以「研究法」作為學習進路，以跨學科（跨領域）的議題導向引領教師發想課程創新，以解決真實現代問題的議題培養學生的思考和實作能力。

「探究與實作」也沒有設定教科書編撰指引，沒有提供評量準則，僅提供學習案例，是為了解初期教師實施課程設計時有較廣的彈性創意發揮的空間，從經驗中去體會學生的學習效益，尤其是思考力的成長，再做課程發展的調整。我們相信優質的探究與實作課程必然是多樣且多元，必須相信教師的創新潛力與能力，以及學生獲得啟發的學習路徑也將是充滿驚奇。

沒有想到的是課綱審查時，教師團體選了幾位非自然科學專業的審查委員百般刁難，以總綱中只有物理、化學、生命科學、地球科學四學科，每科配置學分數為 2~4。未預留可增添之「課程」空間，「探究與實作」也非學科、非領域，不合總綱規格，研修委員無權配置彈性的 4 學分為由，百般阻撓。審查期間還遭遇部長、次長換人的插曲，最後還是在教育部、國教署信任此項領綱新猷的確呼應素養學習的原則，能提升課綱的教育內涵而亟力維護，才在同意改變領綱格式，在備註欄中註明：「部定必修學分數應含三分之一跨科目之主題式探究與實作課程內容」，才得以過關。在此筆路藍縷的顛簸過程中，社會科學的領綱研修小組也在中研院張茂桂研究員的領導下，通過了選修的「社會科學探究與實作」課程。

由於審查程序的多次延宕，原 107 課綱終於以「108 課綱」得以驗明正身，在 2019 年發布實施。「探究與實作」課程正式在前導學校和普通高中上路後，仍然有不少教師採觀望、不合作，或換湯不換藥的單科實驗執行，而不參與課綱建議的課程設計發展。國教署設置的南、北兩個「探究與實作推動中心」適時地成為火車頭，帶動了教學場域的教師動能。

至今 6 年的光陰，「探究與實作」算是在臺灣基礎教育的生態環境中撒下了 PBL 的種子。南區「探究與實作推動中心」連續 6 年在高雄的

科學節展示了校園中自然科學與社會科學領域的「探究與實作」課程，儼然是學生新的「學習展示舞臺」。年輕學子發揮創意、想像力、表達力及合作力的潛力空間相當令人驚艷。個人以為教學現場的師生在與學力十分相關的探究力、提問力方面仍有相當的成長空間，但是教與學的動力已經露出曙光。學習者主導的教學生態環境與提問探究、實作、表達兼修的學習進路必須取代教師本位的教學動力。

照本宣科的講演式或是填鴨應考式主導的教法終究會在教育的舞臺上消失。PBL 的學習可以準備對接高教中面對當今多元且複雜之真實世界問題的挑戰，PBL 將是未來教育的 DNA！

## 肆、前瞻未來教育

教育本身就應該是一種未來學。教育是百年樹人的工作，所以本質上就是以人才的未來發展為目標。其實社會普設學校推行國家義務教育；或是將高等教育結合國家經濟與社會人力資源發展；以前瞻科技促進知識經濟等政策，都是工業革命之後的世界演進趨勢。師資培育總要以前瞻思維、服膺時代的教學創新為核心策略。這並非搞怪或把學生當成白老鼠，而是要使人才發展適應社會與自然的環境變化。

學生個體潛能的開發與社會群體的育才目標永遠是教育的兩根支柱。如何將這兩根支柱撐住未來社會所需的人力資源，也使得個體的興趣和能力發展能適才適任，那就須要教師能秉持教育主體意識，以及自主發揮前瞻能力的實踐，才是師資培育的根本命脈。

### 一、通識教育

在 20 世紀二戰後的後葉，社會民主化後趨向開放的氣氛，教育部就開始在大學中推行通識教育（liberal art education）的改革。<sup>5</sup> 這應該

<sup>5</sup> 請參見 <https://www.facebook.com/people/通識在線/100070592280599/>

是仿效哈佛大學文理學院（Liberal Arts & Sciences）、進修和應用學院的做法，著重且強調學習範疇的拓寬與知識融通（consilience）（Wilson, 1998）。當然也包括了處置國內各大學校園中一些共同課程遺留的人與課，尤其是大一國文、中國通史等課程的教師整編轉型，鼓勵學校成立通識中心。

我在 1996 年受到系中劉廣定教授的邀請，與他合開授「化學與生活」為個人通識教學經驗的濫觴。這門課只教到第 2 年，我就感覺到非理工專業的學生對化學還是採取記誦的學習態度，對於生活中的物質特性之化學原由還是興趣缺缺，所以「XX 與生活」並非理想的科學通識課。

其後，我曾開過「環境化學」與「科技及其人文社會議題」，<sup>6</sup>課程轉向互動式，並輔以分組課程討論與辯論。其後還加入了臺大通識教育委員會，同時忝為頭三屆全國傑出通識教師的評審。2007 年將自己的通識課改成了「自然、環境與永續文明」。這個主題曾經受中研院的邀請成為通識講座，並且編撰在「知識饗宴」系列發表（陳竹亭，2013）。2013 年讀到了關於「人類世」的發表，立刻覺得人類世的時代訊息與我的通識課程十分契合。退休前還曾以「人類世」的題目在大愛的「人文講堂」發表短講，<sup>7</sup>這可能是人文講堂中極少數的科學類演講。

回顧自己在 40 歲參加《科學月刊》編務工作時興生的問題：科學家在人類歷史上究竟扮演什麼角色？科學在人類文明中又是居於什麼樣的地位？人類世文明將引向一個什麼樣的世代？是上升還是沉淪？為什麼「啟蒙運動」會發生在歐洲？為什麼近代科學是在歐洲萌芽茁壯？科學與技術（science & technology）在本質上有何差異？對社會的影響又是如何？通識課對我本身的意義為何？

退休後藉著 2021 年 COVID-19 乍起，大家都被迫隱居家中的時機撰寫出版了《丈量人類世——從宇宙大霹靂到人類文明的科學世界

<sup>6</sup> 請參見 <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=sjNqIPzmUts&autohide=1>

<sup>7</sup> 請參見 <https://www.youtube.com/watch?v=cql57TKXzMY>

觀》。通識教育可說是自我高中就開始生命意義的探索旅程，直到退休才領悟到個人生涯不論多有成就，若非落實在社會集體意志上，就是枉然。換句話說，人類的文明或文化才是智慧物種生命意義的依歸！然而站在「人類世」與「末世」的交叉點上，我們引以為傲的文明其實仍是惶恐而不知所終的。

通識是幫助我前瞻人類的未來而思考，學習尋求自己一生的意義。知識的深度與寬度都是在幫助我對集體意識與集體智慧中體會智人如何學習安身立命。如果人類的文明有幸得以永續發展，那表示我們算是學到了與自然環境相互依存的適當態度。這將是人類心智演化的一大步，文明得以永續發展才算開始邁出了其「貢獻于宇宙精神」（傅斯年，1990）的步伐！

## 二、跨學科教育（TDE）

2008年，臺大教務長蔣丙煌及理學院羅清華院長、生命科學院羅竹芳院長一起面囑我協助負責成立校級科教中心。本來目標是為督導校內的科學教育發展事宜，但是經過與一些跨界的同事和科學人摯友的腦力激盪後，我負責領頭推動了國內第一個大學本位發起，以全國最高學府的知識生產（knowledge production）為後盾，針對校內暨社會的知識轉移（knowledge transfer）為主旨的科教、科普、科學傳播三合一平臺，開發了當時仍屬方興未艾的網路、部落格、影音等自媒體平臺，實踐創新多樣的科教、科普及科學傳播活動。開展如全國性講座、線上開放課程（OCW）、臺積電盃青年尬科學、結合化學演示實驗與音樂劇的「夢遊魔幻化境」、《科學月刊》40週年紀念全國科普活動等。在2008~2014年間，CASE（The Center for the Advancement of Science Education）可以算是國內最早之科學的USR範例。

2010年教育部顧問室向我洽詢能否主持規劃一個跨科學／人文的計畫？彼時全國對跨域學習仍是普遍的陌生，但是通識課中已可看到少

數的先行者。我認為世界真實問題或是社會問題都是不分學科的。事實上，後現代世代的國際社會趨向多元典範、並行不悖，單一學科的專業知識欲解決真實問題將注定治絲益棼。

經過一番資料檢索，歐洲有些知識論研究和教育哲學中揭櫫的跨學科應用／行動研究（trans-disciplinary applied/action research）可能最符合當今世界前瞻未來的發展。於是提出了「科學人文跨科際人才培育計畫」（SHS計畫，society-humanity-science），在大學中推動跨學科教育（TDE）。也許因為TDE過於前衛，我本人對PBL或TDE的教師社群經營也是力有未逮之處，所以前後實施5年的計畫除了跨域／跨界學習稍開教學創新之先河，尤其是結合教育和傳播的經驗與學習舞臺的開創較有亮點，整體計畫績效自覺乏善可陳。

學校人才培育的互動式創新課程，將成果發表以跨校的學習舞臺活動來呈現。尤其是「SHS短講」經過刻意安排的“coaching training”，雖然課程張力大到超過許多學生的預期，但是參加的學生因為經歷了壓力下生命的翻轉，內在潛力被激發，在短短的幾週中體會到未知潛力爆發出能力的驚喜。這種在學習過程經歷到努力對生命的改變，徹底扭轉了他們對學習力的認知。初嚐學習可以改變生命本質的滋味，好多位同學都展現出生涯規劃與委身決志的大轉變。

如今全球環境、氣候、生態變遷與惡化的尺度都趨向地球史上少有的狀態。極端化的現象一旦失控，生存的困境絕非當今任何社會的生活方式所能承擔。COVID-19已經開啓永續發展的警訊。跨學科教育正是學習站在集合不同專業學科訓練和通識教育的基礎上，面對當今「人類世」中快速變化、不確定性、複雜及模糊（VUCA）的真實世界問題；能嘗試培養高維度系統；能跨域整合團隊協作之問題解決；能深度思考的精準闡述；善於溝通對話之同理心；具有實用、應用、利害關係人之共識的創新產出。創新學習將是人類僅存得以背水一戰的潛力。

### 三、創新學習 (innovative learning)

雖然近代科學發明了結合嚴格理性思維、實作、驗證及同儕審查；能創新理論、數學方法及探究工具，這種深度的思考力、精緻的操作技能、客觀的形式邏輯（數學）、密切合作的工作程序已經證明是極為有效的新知識生產利器，科技產品日新月異，但是近代科學與科技以及其創造的工業革命並未提供人類文明永續發展的契機，反而因人口暴增，加速了能資源的耗費，自然環境、生態和人類社會生存條件的傾軋惡化。

進入了 21 世紀，人才培育必須結合知識應用和問題解決的能力；社會影響力與學習創新的訴求成爲教育主流趨勢。自然科學研究與「問題或專題導向學習」（PBL）的基本精神本就有相通之處。醫學院始創 PBL 教學法時，主要就是爲了醫師會診必須有系統思考以及跨域整合的知識技能來解決病人的問題。至於「議題（主題）導向學習」在近年內已被芬蘭採用來取代原有的分科教育而聲名大噪。芬蘭自稱爲「主題式統整學習」（phenomenon based learning），從小學就針對 21 世紀的世局及政經、社會趨勢，以「歐盟」、「自然和人文環境」、「健康與疾病」等各種主題現象實施跨科教學。新加坡的小學教育更是直接採用了科學「大概念」（big concept），譬如科學課程以「尺度」、「能量」、「物質」、「環境」等取代了物理、化學、生命科學、地球科學的傳統分科。這些都是針對時下真實問題的特質所啓動的跨域學習。

真實世界的問題明顯不是依學院派的分科思維發生，以素養學習爲基礎的教育自然會強化跨領域學習。新加坡大概念的學習有可能是便於中學時接軌 STEM。這是美國爲未來科學教育開關的創新內容，包含科學、技術、工程、數學的跨學科學習。

STEM 推出後，創客（makers）風潮盛行，正是 STEM 應用的表現。將 STEM 延伸到 STEAM，增加了藝術（arts），也有 STREAM 的實施，增加的 R 可以是閱讀（reading），或育樂（recreation），這就已經有整全教育的精神了。

我國的 108 課綱中「探究與實作」的課程本質上也是以 PBL 或「議題或主題導向學習」的形式實施。這樣的教學是以學生作為教學的主動角色，而教師則是陪伴或指引學習的角色，很明顯的是師生間的教學動力與傳統的教師講演教學截然不同。學生的課堂參與將更主動積極，學生的思考力與表達力直接地運用，呈現了完全不同的學習生態風景。大學教師也立刻注意到在中學有 PBL 或議題導向學習經驗的學生進入大學後，展現不同的課堂反應，應該是已經有了頗為正面的學習特色。

#### 四、未來教育的契機——USR

經過了漫長三年全球肆虐的 COVID-19，世人如經歷李伯大夢般的開始重新撿拾人生的方向。2022 年夏天我接到了甫從成功大學遷到暨南大學的「大學社會責任推動中心」之邀請擔任協同主持人（陳竹亭，2023）。本來對於重拾馮婦的工作十分猶豫，但是適時聽到了李遠哲前院長的演講：「我年輕時曾經立志做個優秀的科學家，盡一己之力與志同道合之士使世界變得更好。今天看來，科學家的工作目標可能應該是不要使地球變得更糟」。

這是一記暮鼓晨鐘，也是當初開授「自然、環境與永續文明」通識課和出版「丈量人類世」的初心，就是面對永續世代，人類需要新的世界觀、文化觀、生活觀、環境觀，當然還有新的教育觀—社會參與、學習創新。在未來的教育中，年輕人需要培養社會參與的行動熱忱、解決複雜且多元問題的能力、跨學科／跨領域的視野與利害關係人合作的能力、除了生產社會實踐需要的創新知識（innovation know-how），還要承擔知識轉移（knowledge transfer）到社會的傳播技能如表達、溝通、對話等。這正是符應當前教育部在高等教育中推動大學社會責任的教學創新、人才培育目標。

此時宜將教育部昔日至今所有推動的教育前瞻計畫，譬如通識教育、跨學科／跨領域課程、問題與議題導向學習、敘事力、前瞻力、資訊力、傳播力、教育實踐計畫的創新課程設計等，集結教師社群能量，

結合社會實踐的行動。因為社會的永續發展正需要身為社會智庫的大學提出以恢復地球環境與生態為目標的創新教育價值、方法、態度與行動，而這些都是未來世界人才培育的實踐。

結合 USRxTDE (Funtowicz & Ravetz, 1993; Law & Mol, 2002; Little et al., 2023; Ziman, 2000) 的未來教育不僅是要未雨綢繆，更是要學習面對全球環境變遷，參與長期艱難的抗戰！不是針對自然，而是針對人類自己！大學必須扛起這個能改造世界，促成社會新文化思維的教育策略。PBL 可以是新的起點，USR 揭櫫的永續發展 (SDGs) 與社會影響力可以是新的教育標竿。學習創新 (learning innovation) 必須是參與未來教育的教師們共同的社會責任，是每一個個體成長的起點，也是每一個社會訴求永續發展的目標。

## 參考文獻

- 中華科技史學會 (2013, 6 月 17 日)。演講活動紀要。中華科技史學會會訊，146。http://www.sciencehistory.url.tw/?p=1147
- [Association for the History of Science. (2013, June 17). Lecture notes. *The Newsletter of the Association for the History of Science*, 146. http://www.sciencehistory.url.tw/?p=1147]
- 張之傑 (2022, 4 月 15 日)。憶陳國成教授。科學月刊，484。https://www.scimonth.com.tw/archives/5670
- [Chang, C.-C. (2022, April 15). In memory of professor Kuo-Cheng Chen. *Science Monthly*, 484. https://www.scimonth.com.tw/archives/5670]
- 張淑玲 (2022, 9 月 14 日)。PBL 的誤用與釐清：認識三種 PBL 教學法。翻轉教育。https://flipedu.parenting.com.tw/article/007634
- [Chang, S.-L. (2022, September 14). Misconceptions and clarifications of PBL: Understanding three types of PBL teaching methods. *Flipped Education*. https://flipedu.parenting.com.tw/article/007634]
- 陳竹亭 (2013)。能源與永續文明。載於丘成桐等人 (主編)，知識饗宴系列 9 (頁 37-54)。中央研究院。
- [Chen, J.-T. (2013). Energy and Sustainable Civilization. In S.-T. Yau et al. (Eds.), *Feast of Knowledge* (Vol. 9), pp. 37-54. Academia Sinica.]

- 陳竹亭 (2022)。丈量人類世：從宇宙大霹靂到人類文明的科學世界觀。商周。
- [Chen, J.-T. (2022). *Measuring anthropocene: From cosmic thunderbolts to the scientific worldview of human civilization*. Business Weekly.]
- 陳竹亭 (2023, 7月14日)。USR×TDE——以USR做為跨科際教育的實踐平臺。教育部大學社會責任推動中心。https://usr.moe.gov.tw/tw/report/blog/60
- [Chen, J.-T. (2023, July 14). *USR×TDE: Using USR as a practice platform for interdisciplinary education*. Center for University Social Responsibility Ministry of Education. https://usr.moe.gov.tw/tw/report/blog/60]
- 陳詩妤 (2022, 10月31日)。專題式學習 PBL 是什麼？課程設計、教學、評量一次看。翻轉教育。https://flipedu.parenting.com.tw/article/007740
- [Chen, S.-Y. (2022, October 31). What is project-based learning? A comprehensive look at curriculum design, teaching, and assessment. *Flipped Education*. https://flipedu.parenting.com.tw/article/007740]
- 傅斯年 (1990, 11月15日)。貢獻大學于宇宙的精神。天下雜誌, 4。https://www.cw.com.tw/article/5116796
- [Fu, S.-N. (1990, November 15). The university's contribution to the spirit of the universe. *Common Wealth Magazine*, 4. https://www.cw.com.tw/article/5116796]
- 葉玉玲、丁一顧 (2021)。我國大學多元入學方案之回顧與省思。臺灣教育評論月刊, 10 (4), 1-9。
- [Yeh, Y.-L., & Ting, Y.-K. (2021). A review and reflection on diverse admission programs in our universities. *Taiwan Educational Review Monthly*, 10(4), 1-9.]
- 蔡明燁、王驥懋、唐功培 (主編) (2015)。界定跨科際。教育部。
- [Tsai, M.-Y., Wang, J.-M., & Tang, G.-P. (Eds.) (2015). *Framing trans-disciplinarity: Bridging the sciences and humanities*. Ministry of Education.]
- Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures*, 25(7), 739-755. https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L
- Law, J., & Mol, A. (2002). *Complexities: Social studies of knowledge practices*. Duke University Press.
- Little, J. C., Kaaronen, R. O., Hukkinen, J. I., Xiao, S., Sharpe, T., Farid, A. M., Nilchiani, R., & Barton, C. M. (2023). Earth systems to anthropocene systems: An evolutionary, system-of-systems, convergence paradigm for interdependent societal challenges. *Environmental Science & Technology*, 57(14). 5504-5520. https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06203
- Wilson, E. O. (1998). *Consilience: The unity of knowledge*. Vintage.
- Ziman, J. M. (2000). *Real Science: What it is and what it means*. Cambridge University Press.