

科技教育的教學內容——以機構玩具為例

Teaching Content in Technology Education - An Exemplar of Mechanism Toy

游家綺

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Chia-Chi Yu

Department of Technology Application and Human Resource Development,
National Taiwan Normal University

摘要

臺灣的科技教育從以往的工藝課程到現今的生活科技課程，多以實作活動為主要教學內容。然而，教學內容常非依照課本內容而教學，以致各地區及不同階段之學生的科技素養能力培養產生落差。因此，本文提出科技教育應有系統化教學及教學活動內容的觀點，以培養學生具備相當的科技素養能力。藉由探討不同國家的科技教育的特點及其發展，提出適合臺灣的科技教育方向與要點，以及在中學階段科技教育所培養學生的核心素養能力。並以高中生活科技課程——機構玩具教學活動為例，供未來發展系統性之十二年國教生活科技課程作為參考。

關鍵字：科技教育、教學內容、機構玩具

壹、前言

臺灣的科技教育，在不同的年代中有不同的教育目標。從過去的工藝教育到現今的生活科技，整個發展歷程經歷了手工訓練教育期、手工藝教育期、工藝教育期、工業科技素養教育期與科技素養教育期。其中，(1)手工訓練期：重視經濟，培養學生謀生技能，而後改為強調體能學習以及生活預備；(2)手工藝教育期：重視整體教育的價值、偏向工業相關之內容以及教學的原理原則；(3)工藝教育期：有許多學者前後提出不同定義，早期著重於學習工業、重工業材料改變之技術，後期加入科技、注意到工藝對文化與社會的衝擊影響，增加社會文化層面之研習；(4)工業科技素養教育期：注重課程內涵的發展，分為製造科技、營建科技、傳播科技與運輸科技；(5)科技素養教育期，定義科技是個知識體，目標在於培養科技素養(余鑑，2003)。而隨著發展日漸蓬勃的科技，文化、環境與社會亦受到衝擊影響，實施科技教育及培養國民科技素養，在現今的社會中顯得更加重要。

在臺灣的生活科技課程中，教師在現場教學之內容多非依照課本內容而教學，以致科技素養的培養產生落差。如此不同而混亂的教學，要如何能培育出具有科技素養能力的學生呢？九年一貫的國中階段，生活科技隸屬於自然與生活科技領域，強調科學的應用；在高中階段，內容則是以製造科技、營建科技、運輸科技以及傳播科技為系統性知識為主。李隆盛(2004)曾提及中小學的科技學習欠缺協調妥當的教學系統，大多數學生每個年級所接受的科技教育常是銜接不當。因此，生活科技科的教師在課堂中，雖多以實作活動為主，但每位生活科技教師皆教不同的實作活動，在學習的內容上並無一致的規範。

生活科技課程應有系統性的教學內容，以供生活科技科教師作課堂教學使用。以下將闡述科技教育的定義與內涵，而後說明科技教育應教學之方向與內容，使生活科技課程有具體的教學指標，以提供生活科技教師能進行系統性的教學，並以實施於高中的機構玩具教學活動為範例，作為發展十二年國教生活科技課程之參考。

貳、臺灣科技教育的目標、內涵與教學內容

一、臺灣科技教育的目標

臺灣的科技教育須更完整的教學內容，以實現理想的目標與豐富的內涵。筆者藉由文獻探討科技教育的內涵，瞭解實施科技教育應達到的核心能力、素養與教學目標。Savage(1990)在”Technology System Handbook”指出科技教育的課程目標為：(1)瞭解及欣賞科技的發展；(2)建立學生之價值觀，判斷科技對環境的衝擊與影響；(3)發展正確使用科技資源、程序和系統的知識；(4)培養使用技術、方法，創意解決當前及未來社會問題的能力(引自蔣秋萍，1999)。

此外，科技教育的課程目標可在培養科技知能，以增進在科技社會中生活適應、價值判斷、問題解決和創造思考的能力（侯世光，1997）。依據上述，筆者認為科技教育目標應在培養學生科技素養，意即價值判斷能力、正確使用科技資源與知識解決社會問題的能力，以適應科技變遷的環境。

二、臺灣科技教育的內涵

臺灣實施十二年國民基本教育，小學階段的科技教育目標著重在培養小學生「生活應用」的能力；國中階段著重在國中生「創意設計」的能力；高中階段則重視高中生「工程設計」的能力（十二年國民基本教育科技領域課程綱要草案，2015）。根據《十二年國教——科技領域／生活科技課程規劃》(2015)，生活科技課程的目的，應教導學生如何從生活中的需求中去設計與製作有用及適用的物品，並在這設計與製作的過程中，學習如何從嘗試錯誤以至系統性思考。生活科技課程的基本理念是以「做、用、想」為主。亦即，培養學生動手「做」的能力、使「用」科技產品的能力、及設計與批判科技之「想」的能力。做、用、想的能力對應於知識、技能、能力與情意層面以及其中的核心素養，如圖 1；知識、技能、能力與情意四個層面所欲培養核心素養之詳細內容，整理成表格，如表 1。



圖 1 生活科技課程的基本理念架構

表 1 核心素養之內容

理念	面向	核心素養內容
做、用、想	知識	瞭解科技的本質演進
		瞭解科技的概念知識
		瞭解科技的程序知識
		瞭解科技、社會、環境的互動與影響評估
	情意	培養學習科技的興趣
		培養使用科技的正確態度
		培養動手實作的習慣
		進行職業試探
	技能	培養操作的能力
		培養使用科技產品的能力
		培養維護科技產品的能力
	能力	培養設計的能力
		培養實作的能力
		培養整合科際知識的能力
		培養發揮創意的能力
培養在設計與製作過程中進行有效溝通的能力		

資料來源：十二年國教——科技領域／生活科技課程規劃(2015)

三、臺灣科技教育的教學內容

科技教育應有系統性的教學內容，以供生活科技科教師作課堂教學使用。因此，筆者依據《十二年國民基本教育科技領域課程綱要草案》作整理，列出臺灣科技教育的教學主題與內容，依國中與高中階段分述如表 2，並且對於教學內容作分析，提出臺灣科技教育的特點，以及培養學生的能力為何。本文將以此作為與其他國家科技教育差異之基準，提出筆者認為適合臺灣科技教育的教學內容，並且探討不同國家的機械相關教學內容，以及臺灣近年來的機械相關教學，再舉以高中教學活動為範例，望能對臺灣科技教育十二年國教的系統性課程發展有所幫助。

表 2 國中與高中階段科技教育的教學內容

教學主題	教學內容	
	國中階段	高中階段
科技的本質	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科技的起源與演進 2. 科技的系統 3. 科技與工程的關係 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程的內涵 2. 工程、科技、科學及數學的統整與應用
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計的流程 2. 產品的設計與發展 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程設計與實作
科技的應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日常科技產品的選用 2. 機構與結構的應用 3. 電與控制的應用 4. 新興科技的應用 5. 日常科技產品的保護與維護 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機構與結構的設計與應用 2. 機電整合與控制的设计與應用
科技與社會	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科技議題的探究 2. 科技與職涯的發展 3. 科技與社會的互動關係 4. 科技對社會與環境的影響 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程科技議題的探究

在「科技的本質」及「設計與製作」主題中，國中生須了解科技的演進、系統以及與工程的關係、設計的流程，及設計與發展產品；高中生則必須學習得更深入，要了解工程的內涵、統整與應用科學、科技、工程與數學領域的知識，及進行工程的設計與實作。在「科技的應用」主題中，國中生要能會選用並維護科技產品、應用機構與結構以及電與控制；高中生則在機電整合與控制上學會設計與應用。在「科技與社會」主題中，國中生要能對科技議題、與社會環境的影響作探究；高中生則對於工程科技議題作探究。由此可知，科技教育培養國中生需具備科技的相關基本知識、設計與製作的基本技能以及思考與探究科技與社會影響的能力；培養高中生統整與應用不同領域的知識、進行工程設計與實作，及對工程科技議題的批判思考能力。

科技教育教導學生如何從生活中的需求中去設計與製作有用及適用的物品，並在這設計與製作的過程中，學習如何從嘗試錯誤以至系統性思考。目的增進學生在科技社會中生活適應、價值判斷、問題解決和創造思考的能力。因此，科技教育的教學內容首要重視學生的實作技能、培養學生具備科技相關知識及設計與製作的能力。此外，在十二年國教科技領域綱

要的教學內容中，國高中階段的學生皆會學習到機構與結構的應用，因此，筆者將對於機構與結構的應用之教學作探討，並且以教學活動示例，供未來科技教育課程發展作為參考。

說明臺灣的科技教育的內涵、課程目標與培養學生的核心素養，以及臺灣的科技教育規劃的教學內容之後，下文將介紹各國的科技教育特點與內容，闡述其培養學生的能力，整理出良好的特點，分析是否適合列入臺灣科技教育之中，提出筆者認為適合臺灣科技教育的教學內容。

參、各國科技教育的特點與教學內容

以下將經由探討科技教育的內涵，瞭解實施科技教育的基本理念、課程教學目標以及知識、情意、技能、能力四個層面的核心素養之後，以不同國家的科技教育內容與特點為範本作分析，找到適合臺灣並可以實際實施的科技教育教學內容。

一、美國的科技教育：

美國國際科技教育學會(ITEA)在 1996 年提出美國科技教育的架構(如圖 2)，分為知識(Knowledge)、脈絡(Context)與過程(Process)三個面向，依此三面向分為五個教學主題：科技的本質(The nature of technology)、科技與社會(Technology and society)、設計(Design)、科技世界需要的能力(Abilities for a technological world)、及人為設計世界(The designed world)。依據面向與教學主題，整理出美國科技教育的教學內容，如表 3。

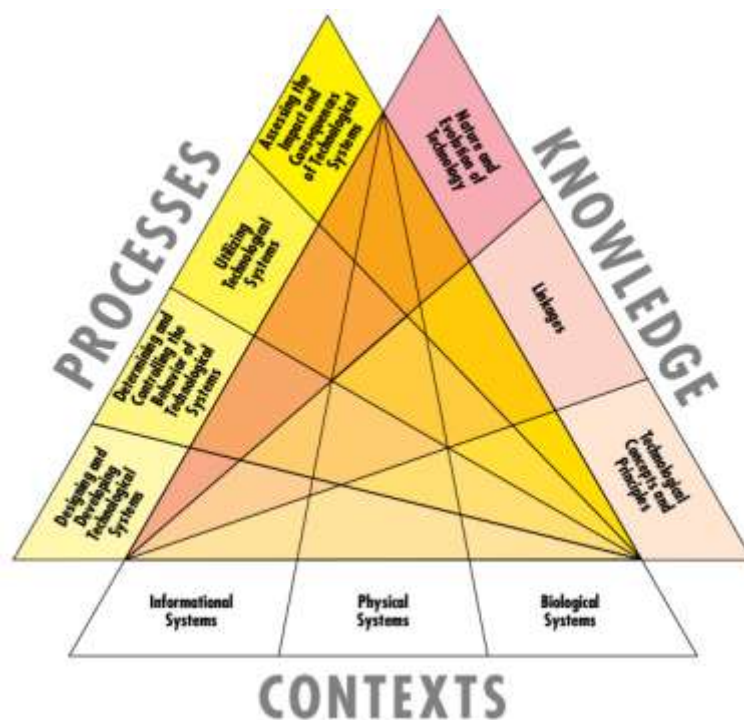


圖 2 美國科技教育架構圖

表 3 美國科技教育的教學主題與內容

面向	項目	教學主題	教學內容
知識	1. 自然與科技的演進歷史 2. 知識的連結 3. 科技的概念與原則	科技的本質	1. 科技的特性及範圍 2. 科技的核心概念 3. 各種科技之間的關係，以及與其他領域的連結
		科技與社會	1. 科技對文化、社會、經濟及政治的影響 2. 科技對環境的影響 3. 社會在發展、使用科技時的角色 4. 科技在歷史上的影響
過程	1. 設計與發展科技系統 2. 決定與控制科技系統的行為 3. 利用科技系統 4. 評估科技系統的影響與結果	設計	1. 設計的特性 2. 工程設計 3. 故障排除、研究、發展、發明、創新及實驗對問題解決的作用
		科技世界需要的能力	1. 應用設計流程 2. 使用與維護科技產品與系統 3. 評估產品與系統的影響
脈絡	1. 生物系統 2. 物理系統 3. 資訊系統	人為設計世界	1. 醫療科技 2. 農業與相關生物科技 3. 能源與動力 4. 資訊與傳播科技 5. 運輸科技 6. 製造科技 7. 營建科技

美國科技教育的教學內容中，「知識」層面裡重視科技之間的關係與其他領域的連結、科技對文化、社會、經濟、政治以及環境的影響。藉此，學生能了解到知識與自身的連結、與周遭的關係及影響，並能提升學生學習知識的學習動機，在學習成果上也能著實地將知識應用到實作活動之中。而如何應用知識，需要的是技術能力，也就是在「過程」層面中，學生要能了解並運用設計的特性、流程、工程設計，還有使用與維護工具及評估影響。在知識和過程層面上，美國的科技教育規劃地十分完善，重要的內容都列在其中，重視知識的連結與整合，使公民具有科技素養，運用不同領域的知識、技能去解決工程或科技問題，值得臺灣科技教育仿效。而在「脈絡」層面上，我認為有些科技必須擁有專業知識與技能，是中學

階段的學生還無法深入學習的，像是醫療科技、農業與相關生物科技，也是在科技教育中較難以實行的。美國地廣，在農業上常見一大片土地栽種作物或者畜牧，因此收錄農業與相關生物科技於科技教育教學內容中，而臺灣的土地不大，居住密度高，因此農業科技不考慮列在科技教育之中。因國家文化與發展不同，需要的科技教育也不同。

美國科技教育由工藝教育轉變為科技教育，近年來再轉型為準工程及 STEM 教育。推動準工程及 STEM 教育，多以專題式教學或問題解決導向教學為主，培養學生工程設計、STEM 整合以及問題解決的能力。其教育理念與欲培養之素養能力，以及每階段連貫性完善的課程規劃，一直以來是為臺灣科技教育的參考典範（林坤誼，2003；范斯淳、楊錦心，2012）。近年來，臺灣發展 STEM 取向之科技教育，在高中階段之課程也發展準工程課程，除了培養學生具備相當的科技素養，也培養學生整合理論與實務的能力，具備二十一世紀所需的能力——適應能力、複雜的溝通能力、非常規的問題解決能力、自我管理能力及系統思考的能力（Bybee，2010）。

STEM 取向之科技教育為臺灣中學科技教育現今與未來發展的重要方向，因此本文選以臺北市大同高中實施多年的 STEM 取向之機構玩具專題實作活動為範例。探究不同國家的教學主題與特點，並針對機構相關之教學做探討，了解臺灣對於機構教學之現況，最後以 STEM 取向之機構玩具專題實作活動為範例，提供教師們發展科技教育教學活動之參考。

二、英國的科技教育

英國的科技教育課程為設計與科技(Design and Technology)，是國定課程中強調實務導向的學科，重視科際整合的觀念，目的在教導學生運用知能解決實務問題。D&T 除了做為學科名稱之外，也常是傳授科技教育的重要概念，此概念強調手腦並用，加強學生解決問題的能力和設計能力的培養（李隆盛，1998；引自張永宗、魏炎順，2004）。在《UK D&T Curriculum》(2007)中，D&T 課程分成設計與製作、文化的理解、創造力及批判與評估四個主題，筆者整理出英國科技教育的關鍵教學內容，如下：

1. 設計與製作(Designing and making)：

- (1) 理解設計與製作，包含科技、美學、經濟、環境、倫理與社會面向的觀點
- (2) 提出與生活相關並且具可行性的解決方案，滿足需要與需求
- (3) 了解產品和系統對生活品質的影響

2. 文化的理解(Cultural understanding)：
 - (1) 了解設計與製作可以反映出文化與社會
 - (2) 調查不同社會環境中影響設計及設計方法的因素
3. 創造力(Creativity)：
 - (1) 連結設計原則、現有的解決方案及科技知識
 - (2) 了解知識與過去經驗的意義，尋找現有方案中的模式
4. 批判與評估(Critical evaluation)：
 - (1) 分析產品與解決方法，以解決實際問題

英國注重設計與製作的的能力，藉由模型製作及材料組合等強化學生設計與製作的的能力。科技課程列為基本課程中，且 K-11 皆實施之，課程規劃上具有統整性、順序性及連續性（李隆盛，2000；張勤昇、蘇伊鈴，2007）。總言之，英國的科技教育是一門嚴謹、實用又有趣的課程。其課程注重學生的創造力與想像力及教學創意、技術與實用的專業知識，使學生建立及應用知識、理解與技能，設計、製作出廣為使用的高品質的模型及產品，並能批判、評估及測試他們的構想和產品。其中，我覺得教學創造力是很適當的主題，可以使學生連結原則、知識、過去經驗與解決方案，值得臺灣仿效，可以列入課程的教學活動參考。製作模型的部分也值得我們效法，使學生能經由建模，發現製作的問題，再解決問題，將作品改良至最佳化。建模同時也是進行 STEM 教學中，運用 6E 教學模式的重要階段，也就是在 6E 中的 Engineer，亦可延伸至準工程課程，使學生能製作模型，評估成效並將作品最佳化（Barry，2014）。

三、日本的科技教育

將科技課程與家政課程歸屬於「技術・家庭」領域，技術課程綱要目標為經由實驗與體驗式的製造學習活動，瞭解並習得「材料的加工」、「能源的轉換」、「生物的培育」、以及「資訊科技」相關的基本知識與技能，使學生對於科技、社會與環境之間的互動關係有更深入的理解，及養成能夠正確使用、評價科技的能力與態度（文部科學省，2008）。日本的技術課程架構由傳統工藝教育之內容轉變為偏向科技素養教育之內容，提升資訊與電腦課程的重要性與授課時數比例，加入資訊倫理與數位化作品的設計與製作，提升資訊倫理議題在科技教育課程中的重要性。依據《學習指導要領》，可將日本科技教育分為材料與加工相關技術、能源轉換相關技術、生物培育相關技術、資訊相關技術四個主題，其主要教學內容如下：

1. 材料與加工相關技術：
 - (1) 日常生活與產業中所使用的技術
 - (2) 材料與加工方式
 - (3) 利用材料與加工技術進行產品之設計與製作
2. 能源轉換相關技術：
 - (1) 能源轉換機器之組合與保養
 - (2) 利用能源轉換技術進行產品之設計與製作
3. 生物培育相關技術：
 - (1) 生物的生長環境和培養技術
 - (2) 利用生物培育相關技術進行栽培或飼養
4. 資訊相關技術：
 - (1) 傳播科技、網路資訊和資訊倫理
 - (2) 數位化作品的設計與製作
 - (3) 程式語言的規劃與控制

日本的科技教育重視學生的動手實驗、體驗式學習，從中學習到不同科技的相關技術。與臺灣的科技教育差別在於，日本強調能源轉換、生物培育及資訊的相關技術，針對這三項主題皆有規劃學生的學習內容。我認為日本科技教育的特點有：了解並應用能源轉換技術、栽培或飼養生物，以及程式撰寫與數位化作品的設計製作。臺灣的科技教育與資訊教育分立為兩個領域，因此科技教育沒有資訊的部分，但會應用到資訊與傳播科技，作為學生設計與製作的背景知識。而在栽培或飼養生物方面則不列入臺灣科技教育之教學考慮；能源轉換相關技術方面，可以考慮加入教學內容，使學生除了理解能源與動力的知識，尚能在許多能源相關科技議題作深入探討，以及在實作活動中運用不同能源的轉換技術進行產品的設計與製作。

日本強調科技素養教育，培養國民日常生活的實務技能，教學不同於美國的專題式與問題解決導向之教學，多為傳統單元式的課程（范斯淳、楊錦心，2012）。此外，機構的學習一直以來都是科技教育重要的學習內容，1989年《學習指導要領》的機械主題包含：(1)機械的機構、要素與材料；(2)簡易的活動模型之設計與製作；(3)機械整備的方法；(4)了解日常生活與產業中所用之機械及其功能。機械主題於1999年被整合至「技術與製作」之主題中，而後在2008年被列於「材料與加工」之主題中，使學生運用不同材料設計與製作時，能了解到機

械的運作、生活中的機械與功能，及應用機構製作模型。在高中階段，日本文部省對高中科技課程內容做最大的改革是增加整合性的問題解決課程，例如獨立研究及機械電子。機械電子課的教學目標為提升學生機械與電子整合的基本知識與技術，教學內容包含：(1)基本機械設備；(2)感應器；(3)交直流轉換；(4)邏輯迴路；(5)行動器；(6)機構學；(7)動力傳輸設備（焦正一，2000；文部科學省，2008）。從以前的技術課程到現今高中的整合課程，可看出機構學的重要性。機械的設計製作能使學生深化結構與機構的學習，與臺灣的科技教育學習內容相符，使學生具備統整理論與實務的能力是現今與未來皆十分重要的主題。

從各國不同的科技教育可以看出，美國重視知識的連結與整合，全公民應具有科技素養，運用不同領域的知識、技能去解決問題；英國重視學生的創意、創造力，應用知識並且做到評估與測試；日本為因應國家整體經濟狀況，2008年《學習指導要領》呼應對寬鬆教育的檢討而作出擴增科目的科技課程內容以及調整資訊與電腦課程。各國在實施科技教育時，雖因各國經濟與文化因素而有不同，但大致上皆強調學生能習得基本知識與實作技能、設計與製造，進而創意思考以至創造產品、擁有批判思考及評估的能力。本文藉由探討各國的科技教育內容與特點，以及在機械、機構相關方面的教學內容，擷取各國科技教育的課程優點，思考適合臺灣的國情與文化的科技教育，對於臺灣科技教育提出適合的教學內容。

肆、臺灣科技教育適合的教學內容及機構教學的現況

一、臺灣適合的教學內容

臺灣與其他國家的經濟發展不同，適合的產業也不同，應瞭解國家需要的人才，進而探究臺灣需要的教育是什麼。臺灣地狹人稠，早期產業為農業社會，到現今為工業與知識經濟，所需要的人才並非種植作物的人才，也非需大量加工、代工的人才，而是能夠提升國際競爭力的工程人才。相較於美國、日本的科技教育，臺灣科技教育不適合農業技術的教學。然而，臺灣可以學習美國科技教育的工程相關技術之教學，培養學生工程設計與製作的能力；英國的創造力培養；以及日本的資訊相關技術教學，使學生能正確使用科技資源與知識，設計與製作有用及適用的物品，解決社會問題。藉由分析以上各國科技教育的特點，因應臺灣的文化環境及十二年國教課綱，筆者列出適合臺灣科技教育的教學主題與內容，如表4：

表 4 臺灣科技教育適合的教學內容

教學主題	教學內容	
	國中階段	高中階段
科技的本質	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科技的起源與演進 2. 科技與工程的關係 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程的內涵 2. 工程、科技、科學及數學的統整與應用
創造力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 知識與過去經驗的意義 2. 創造力思考方法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計原則、解決方案及科技知識的連結
設計與製作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計的流程 2. 產品的設計與發展 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程設計與實作 2. 工程設計流程
科技的應用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 日常科技產品的選用 2. 機構與結構的應用 3. 電與控制的應用 4. 日常科技產品的保護與維護 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機構與結構的設計與應用 2. 機電整合與控制的设计與應用 3. 數位化作品的設計與製作
科技與社會	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科技議題的探究 2. 科技與職涯的發展 3. 科技與社會的互動關係 4. 科技對社會與環境的影響 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程科技議題的探究

臺灣未來要具有國際競爭力，必須培養有創新能力的工程人才。因此，在教學主題上，保留以往重要的實作課程，如：產品的設計與發展、機構與結構的應用，及電與控制的應用，額外尚可新增「創造力」主題，使學生在實作的過程中，瞭解創造力思考方法並加以運用，能夠把知識與生活經驗連結，發展出創意、解決問題且更符合需求的設計或作品。在「科技的應用」主題中，加入「數位化作品的設計與製作」，讓學生不僅使用木材、金屬材料或塑膠材料的加工製作，能與時俱進運用多媒體設計與製作，例如：電腦 3D 繪圖加上 3D 列印技術輸出立體作品，在現今新興科技發展蓬勃之時，能有更豐富的作品產生。而在設計與製作主題的高中階段，我認為必須強調「工程設計」，使學生了解工程設計流程，運用工程設計流程至工程取向的實作活動中。讓學生探索自身的工程性向與興趣，以幫助未來科系或職業方向的選擇，擁有基本工程概念與實作能力，亦能在生活中應用並解決科技及工程問題。臺灣需要具有創新能力的工程人才，須從教育紮根，也就是從教學內容的規劃中，探究真正適合臺灣科技教育的教學內容，規劃完整之後實施之。

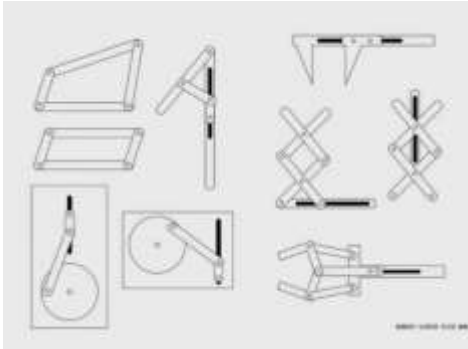
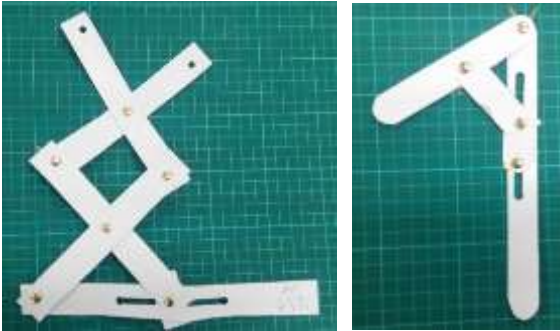


二、機構相關教學現況

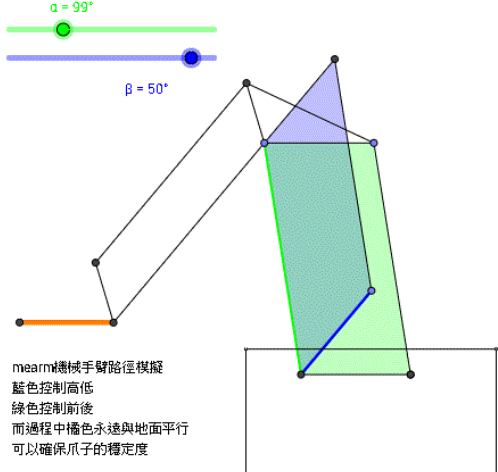



Bybee(2010)提出二十一世紀需培養的重要能力有適應能力(Adaptability)、複雜的溝通能力(Complex communications skills)、非常規的問題解決能力(Non-routine problem solving)、自我管理的能力(Self-management), 及系統思考的能力(Systems thinking)。STEM 教育培養的整合知識與實作的能力, 能使學生具備這些重要能力, 筆者舉以十二年國教課綱中的高中階段教學內容「機構與結構的設計與應用」範圍裡的「機構玩具專題實作活動」為例, 介紹適用於臺灣的科技教育教學內容, 望能藉以重要且具系統性的教學內容培養國家未來所需之人才。

機構(Mechanism)是兩個或兩個以上的機件組成, 當動一機件, 必迫使其他機件隨之運動, 各機件間作規律運動。機構玩具(Mechanism Toy)是學生學習機構運作的知識與操作後, 進行設計與製作一個多機件組合且能運作的機構玩具。常見的機構種類、原理與應用, 則有力的傳遞、滑輪系統、鍊條與鍊輪系統、齒輪系統、凸輪機構、槓桿與連桿等(李榮華, 2010)。現有的中學生活科技課程中多以實作活動為主, 機構與結構相關之教學多為廣泛應用, 例如: (1)槓桿機構: 投石車; (2)連桿機構: 機械獸、連桿機構驗證、液壓機械手臂、四連桿機構的 Me-arm; (3)凸輪機構: 凸輪玩具; (4)多元機構: 應用凸輪、齒輪及彈簧的機構玩具等教學活動。學生能在實作活動中了解機構與結構的知識, 並在製作過程中應用知識操作之, 達到做中學。教師若能將教學活動的知識講解部分針對科學原理、數學與工程的應用準備完整性的教學, 再透過實作使學生整合學到的知識於作品上實現, 即是科技教育中十分理想的 STEM 教育。筆者將現有的機構相關教學活動、其應用的機構、教學對象、教學概述與作品範例整理如表 5。

表 5 機構相關教學活動

應用機構	槓桿機構	應用機構	凸輪機構
教學主題	投石車	教學主題	凸輪玩具
教學對象	七年級學生	教學對象	高中一年級學生
教學概述	<p>連結學生小學學習之槓桿原理，介紹投石車之歷史及教學投石原理，使學生設計與製作出自己的創意投石車。設計重點為投石桿的軸心與兩輪距離相等，如圖 3-1；投石桿拉弓的發射位置需與地面小於 90 度物體才不會往下墜，如圖 3-2。</p>	教學概述	<p>運用凸輪不規則的形狀，將凸輪放置從動件之上方，以烏龜為例，如圖 4-1、圖 4-2，當凸輪未碰觸從動件時，從動件因重力而向下垂，而凸輪碰觸從動件時，從動件另一端會上升，運用重力、槓桿與凸輪設計出屬於獨一無二的凸輪玩具。</p>
作品範例	<div data-bbox="347 808 683 1267" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="245 1279 783 1312">圖 3-1 投石車(投石桿與兩輪距離相等)</p> <div data-bbox="316 1323 711 1715" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="245 1727 778 1760">圖 3-2 投石桿與地面小於 90 度示意圖</p>	作品範例	<div data-bbox="970 808 1485 1211" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1018 1223 1437 1256">圖 4-1 凸輪碰觸從動件而上升</p> <div data-bbox="970 1301 1485 1727" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1034 1738 1422 1771">圖 4-2 因重力下降的從動件</p>
參考來源	仁愛國中余弘華老師及筆者自身教學	參考來源	桃園市立青溪國中陳彥綸老師及筆者自身教學

應用機構	連桿機構	應用機構	連桿機構
教學主題	連桿機構驗證	教學主題	液壓機械手臂
教學對象	高中一年級學生	教學對象	八年級學生、高中一年級學生
教學概述	連桿機構驗證是機械手臂教學的前置課程。教師教學發現，學生對機構的知識不足容易毫無頭緒，而提供範例則又流於仿作，因此讓學生在聽機構介紹的同時以西卡紙和兩腳釘製作模型來觀察機構運作的方式。	教學概述	從機械結構的知識到製造的設計、規劃、生產和問題解決的評估、修正、改進以及團隊合作。材料可依教室設備與學生先備知識選用風扣板、木板、冰棒棍、珍珠板等多種材料。註：範例作品的展示，不建議一開始提示太多，容易變成仿作而不思考，但完全不提示學生又毫無頭緒，應視學生情形再做斟酌。
作品範例	 <p>圖5 連桿機構驗證講義</p>  <p>圖 6-1、圖 6-2 紙機械製作</p>	作品範例	 <p>圖 7 風扣板製液壓手臂</p>  <p>圖 8 液壓手臂(冰棒棍、木頭、珍珠板)</p>
參考來源	<p>六家高中李文宏老師 https://sites.google.com/site/whlee1990/-class2/yeyajixieshoubidejigouyanzheng</p>	參考來源	<p>六家高中李文宏老師 https://sites.google.com/site/whlee1990/-class2/hydraulicarm 東湖國中倪惠玉老師 http://huiyu4615.blogspot.tw/search/label/%E6%B6%B2%E5%A3%93%E6%89%8B%E8%87%82%E5%A4%A7%E4%BD%9C%E6%88%B0</p>

應用機構	連桿機構	應用機構	多元機構(凸輪、齒輪與彈簧)
教學主題	四連桿之 MeArm	教學主題	機構玩具
教學對象	高中一年級學生	教學對象	高中一年級學生
教學概述	<p>MeArm 設計的特別之處，利用連桿巧妙的設計，手臂運動過程中，夾子與地面角度永遠不變。因此，手臂在夾持物品的時候，可以有很高的穩定性。手臂有兩組，分別控制爪子的高低與前後，運動的過程中兩組不會互相影響。</p>	教學概述	<p>凸輪傳動的應用方法可以用滑塊傳動、連桿傳動、舉桿傳動及反向凸輪可以上下輪動，如圖 12，利用凸輪與被動舉桿間的磨擦力，產生被動件上的玩偶不同的運動變化，形成有趣的動作。</p> <p>齒輪可運用大小不同、齒數不同的正齒輪、斜齒輪或分度齒輪(如圖 13)，去帶動連桿或是軸心，可以改變方向或轉速(如圖 14)，使上方玩偶做出不同動作變化。另外，運用方形軸設計製作凸輪玩具，可以方便調整凸輪的位置，如圖 15。</p>
作品範例	 <p>mearm機械手臂模擬 藍色控制高低 綠色控制前後 而過程中橘色永遠與地面平行 可以確保爪子的穩定度</p> <p>圖 9 GeoGebra 之 MeArm 機械手臂模擬</p>  <p>圖 10 MeArm 機械手臂紙模型</p>	作品範例	 <p>圖 12 凸輪傳動的應用方法</p>  <p>圖 13 分度齒輪與正齒輪 (可改變旋轉方向與轉速)</p>

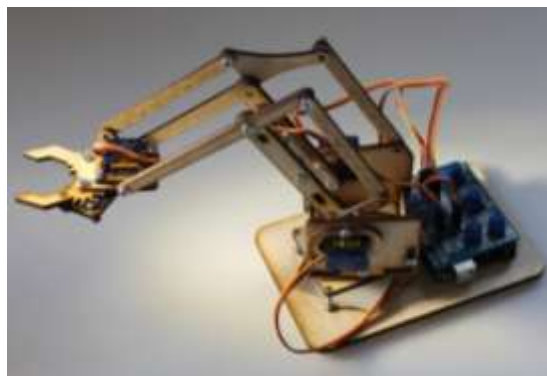


圖 11 MeArm 機械手臂

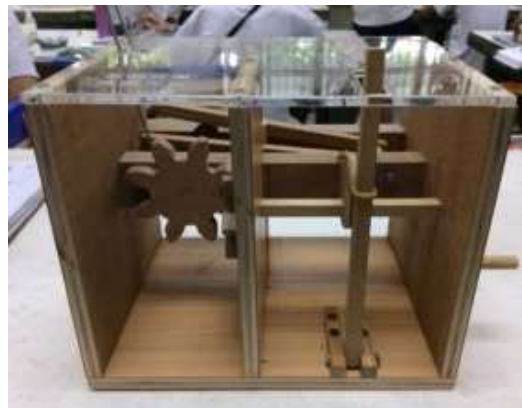


圖 14 加入彈簧可以前後擺動，
齒輪垂直擺放可以改變旋轉方向



圖 15 運用方形軸之凸輪

參考
來源

六家高中李文宏老師
<https://sites.google.com/site/whlee1990/-class2/geogebra-mearm>

參考
來源

大同高中汪殿杰老師
<https://sites.google.com/site/dtshlifetechnology/mu-gong-ji-gou-she-ji-zhi-zuo-fang-fa>

伍、教學活動範例——機構玩具專題實作活動

機構玩具專題實作活動乃具有豐富教學經驗之教師於臺北市某高中實施的教學活動，不僅行之有年，且在教學模式與教材上，依據課綱變動亦隨之調整，是相當適合臺灣科技教育的教學活動。此實作活動於 104 學年度下學期實施，係運用 STEM 教學及 3D 列印技術於其中，教師教授機構相關知識及相關 STEM 知識，學生可以透過專題前的實作活動了解相關原理，並運用科學原理的知識、工程設計的流程，以及其實作技能來完成作品。筆者以課堂觀察者的角色闡述此教學活動，針對活動內容要點做說明，供未來科技教育作為發展教學活動之參考。

一、活動目標

教師教授機構相關知識，透過機構的相關原理——槓桿、凸輪、齒輪與連桿原理之理解以及兩項專題前活動之實作，學生運用所學的知識，及實際操作手工具與簡易電動機具，與組員共同完成一個機構玩具，以培養學生的核心素養：瞭解科技的概念知識；瞭解科技的程序知識；培養發揮創意的能力；培養設計的能力；瞭解科技的程序知識；培養實作的能力；培養使用科技產品的能力；培養整合科技知識的能力；培養在設計與製作過程中進行有效溝通的能力。

二、課程設計

- (一) 活動說明：學生瞭解機構之相關原理後，與同學一同設計並製作出一個能順利運作的機構玩具，機構玩具範例：如圖 16。

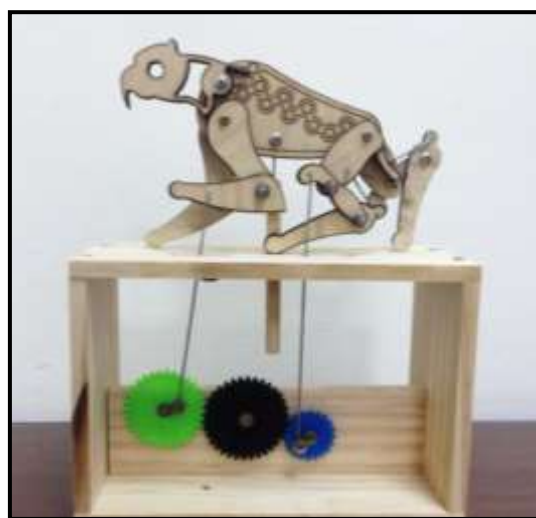


圖 16 應用 3D 列印技術之機構玩具範例

參考來源：國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系范斯淳博士

- (二) 教學對象：高中一年級，二至三人一組。
- (三) 教學節數：12 節，共 600 分鐘。
- (四) 學生先備知識：瞭解齒輪、凸輪及連桿之原理；瞭解零件的使用方式；具備操作手工工具的能力；具備操作簡易機具的能力（如鑽床、線鋸機）。
- (五) 使用工具：手線鋸、點焊機、線鋸機、帶鋸機、鑽床、砂磨機。
- (六) 使用材料：提供密集板、3D 列印之齒輪材料，以供設計機構與上方玩偶。

參考資料：汪殿杰（2016）。木工機構設計製作方法。取自：

<https://sites.google.com/site/dtshlifetechnology/mu-gong-ji-gou-she-ji-zhi-zuo-fang-fa>

三、教學流程

此教學流程為實際教學的進程，因學校活動因素等，進行教學進度調整，僅提供教師參考，教學時亦可依學生學習狀況與教學進度作調整，如表 6。

表 6 教學流程

節次	教學內容	教學之教材	備註
1	介紹槓桿原理 槓桿秤實作	樂高元件、槓桿秤學習單、作品範例	
2	槓桿秤實作	槓桿秤學習單、作品範例	完成槓桿秤學習單
3	介紹齒輪原理 齒輪測距儀實作	樂高元件、齒輪測距儀學習單、作品範例	
4	齒輪測距儀實作	齒輪測距儀學習單、作品範例	完成齒輪測距儀學習單
5	凸輪及曲柄軸	作品範例	學生操作體驗
6	軌跡量測及設計	作品範例	設計作品之運動軌跡
7-12	製作作品	無	教師準備足量的 3D 列印之齒輪、密集板與木板
13	口頭報告及評分		

四、實作活動製作過程

此教學活動於 104 學年度第二學期臺北某高中實施，實作活動從設計、製作到完成作品，以照片及筆者觀察之特點作為紀錄，如下：



圖 17、圖 18 學生設計作品造型

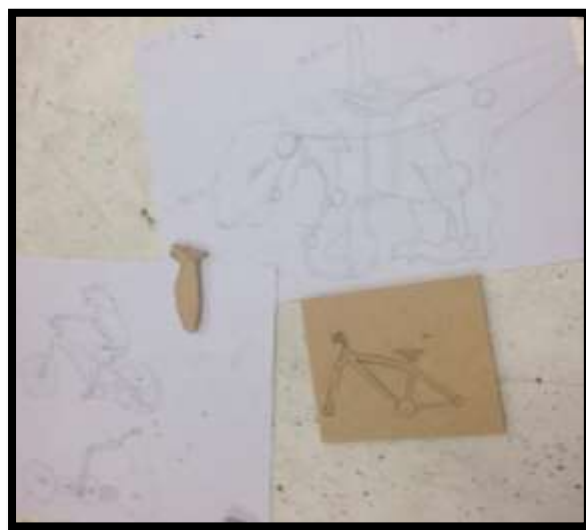
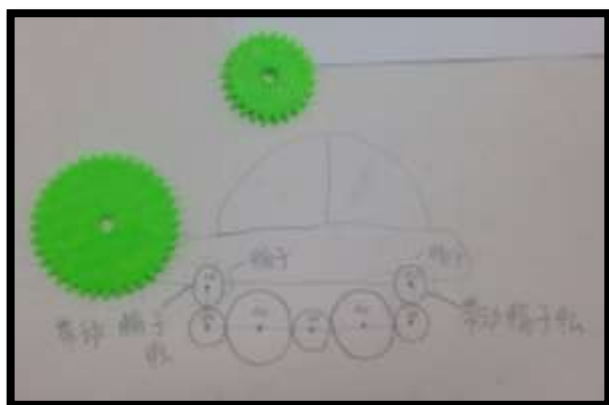


圖 19、圖 20 學生設計造型與機構



圖 21、圖 22 學生編排機構

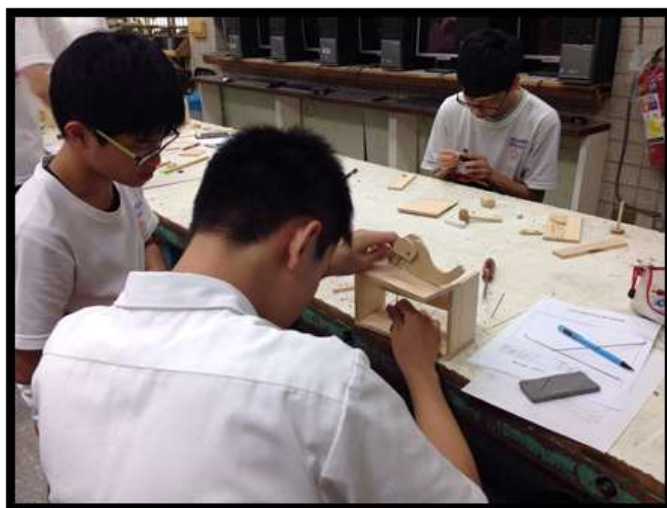


圖 23 學生製作過程

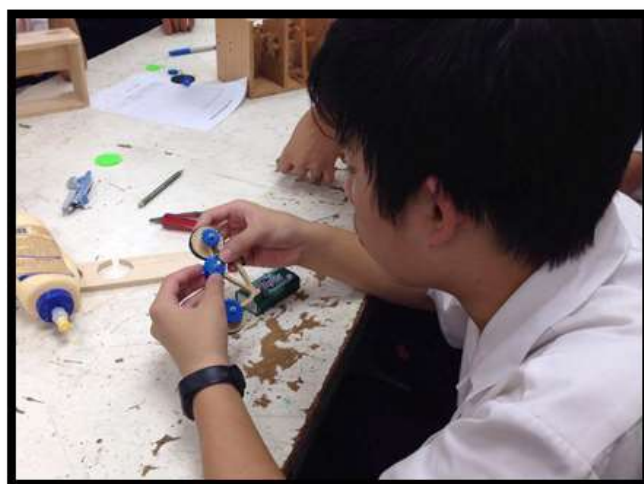


圖 24 學生製作過程

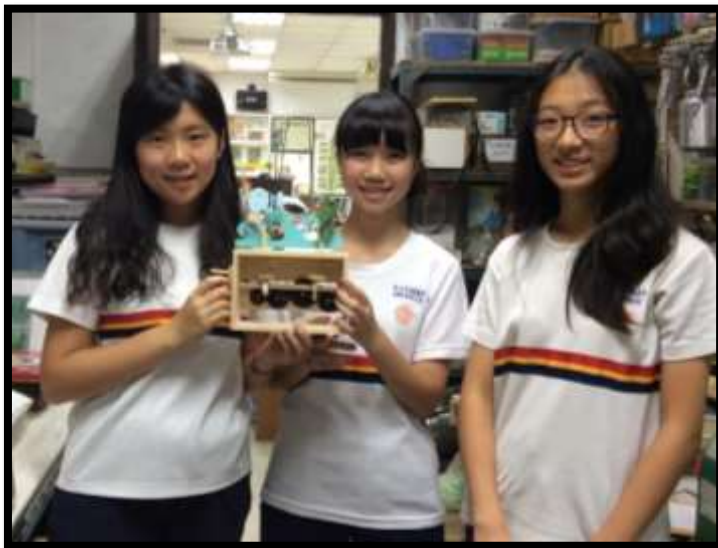


圖 25 學生與完成之作品



圖 26 學生完成作品後之口頭報告

筆者在課堂中觀察到學生的實作過程，其中發現，學生能將不同的機構應用於作品上，並且在製作過程中能分析機構運作不順暢之原因，進一步將作品修正至運作順暢，代表學生對於機構相關知識與原理能充分了解並且具有相當良好的實作技能進行實作以致最後成品的完整呈現。除此之外，筆者認為相較於傳統教學，STEM 教學使學生能具備不同領域的知識背景，在遇到製作上的問題時，學生能藉此分析出問題所在，使作品最佳化，達到工程設計的理念；運用 3D 列印之零件使作品加工省時，也使機構更精準，能幫助學生製作更順利、作品運作更順暢。

陸、結論

不同的科技教育的教學內容一直是科技教師所面對的問題，課本內容多為簡介性知識，但對於生活科技更重要的是動手實作，因而造成每位老師教學不依照課本內容，而是自行設計教學活動。科技教育面臨的最大問題是不受到國家、學校、家長以及學生的重視，因為升學制度的影響，多數人對於學習學科知識趨之若鶩，而忽略了生活應用、實際操作技能的重要性！其實，學習基本操作技能、應用知識、與生活做連結，具有科技素養是何等的重要。因此，筆者提出教學內容不一致的問題，對於科技教育的內涵、課程目標與核心素養做描述，以及整理出科技領域之課綱草案中的學習內容，再提出各國的科技教育教學內容與特點並分析，最後提出臺灣科技教育適合且需要的教學內容。

我們所能做的是在教育制度中為科技教育紮根，安排從小學到高中的延續課程，培育下一代的孩子能夠學到學科知識並由實作活動應用、統整之，達到具有批判思考能力的問題解決。重視科技教育，將會提升科技教育的支持與資源、提高大眾對於科技教育的理解，生活科技課程也不再因升學制度下而被忽視、被視為從屬科目。將系統性的教學內容編撰至課本之中，以供生活科技科教師作課堂教學使用，而不再教學不同的課程活動，造成科技教育銜接不當、學生科技素養能力參差不齊。落實具有系統性教學內容的科技教育，讓學生學習到對自身重要而非為了考試而讀書的課程。十二年國民基本教育，教學需要改變，更要重視中學階段的銜接，系統化的生活科技課程將要搭建完成，而未來的教學，需要教師們一同努力！

參考文獻

一、中文文獻

十二年國教——科技領域／生活科技課程規劃（2015年3月）。未出版。

十二年國民基本教育科技領域課程綱要委員會（2015年9月29日）。十二年國民基本教育科技領域課程綱要草案。未出版。

文部科學省（2008）。日本近代科技教育簡介。中學校學習指導要領。

汪殿杰（2016）。木工機構設計製作方法【協作平台資料】。取自：

<https://sites.google.com/site/dtshlifetechnology/mu-gong-ji-gou-she-ji-zhi-zuo-fang-fa>

余鑑（2003）。工藝教育思想的流變。生活科技教育月刊，36(8)，3-11。

李隆盛（2000）。新世紀的教育挑戰與各國因應策略。臺北市：揚智文化

李隆盛（2004）。科技教育的課題與展望。生活科技教育月刊，37(7)，26-29。

李榮華（2010）。機件原理 I。新北市：龍騰文化。

李文宏（2014年12月16日）。連桿機構驗證【協作平台資料】。取自：

<https://sites.google.com/site/whlee1990/class2/yeyajixieshouhidejigouyanzheng>

李文宏（2015年3月7日）。液壓機械手臂【協作平台資料】。取自：

<https://sites.google.com/site/whlee1990/class2/hydraulicarm>

李文宏（2015年12月9日）。用 Geogebra 模擬 MeArm 移動路徑【協作平台資料】。取自：

<https://sites.google.com/site/whlee1990/class2/geogebra-mearm>

林坤誼（2003）。美國與台灣的科技教育典範之比較。生活科技教育月刊，36(6)，18-27。

范斯淳、楊錦心（2012）。美日科技教育課程及其啟示。教育資料集刊，55，71-102。

侯世光（1997）。工藝／科技教育改革。載於中華民國課程與教學學會（主編）：邁向未來的課程與教學，29-43。

倪惠玉（2016）。液壓手臂大作戰【部落格影音資料】。取自：

<http://huiyu4615.blogspot.tw/search/label/%E6%B6%B2%E5%A3%93%E6%89%8B%E8%87%82%E5%A4%A7%E4%BD%9C%E6%88%B0>

張永宗、魏炎順（2004）。臺灣與英國中小學階段科技教育課程之比較。生活科技教育月刊，37(3)，33-49。

張勤昇、蘇伊鈴（2007）。中、英科技教育課程比較之探討。網路社會學通訊期刊，64。取自 <http://www.nhu.edu.tw/~society/e-j/64/64-28.htm>。

焦正一（2000）。日本科技教育課程發展的回顧與啟示。屏東師院學報，13，373-402。

蔣秋萍（1999）。國中生活科技學習評量之探討。生活科技教育月刊，32(9)，14-22。

二、英文文獻

- Barry, N. (2014). The ITEEA 6E learning by DeSIGN™ Model. *The Technology and Engineering Teacher*, March 2014, 14-19. Retrieved from <http://www.oneida-boces.org/cms/lib05/NY01914080/Centricity/Domain/36/6E%20Learning%20by%20Design%20Model.pdf>.
- International Technology Education Association. (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. VA: Reston, VA.
- Qualifications and Curriculum Authority (2007). Programme of study: *Design and technology*. London: The Stationery Office.