

國立高雄師範大學工業科技教育學系
碩士論文

**STEM-6E 運用於國中生活科技課程之
行動研究－以結構課程為例**

An Action Research on STEM-6E Applied to Junior
High School Technology Courses : A Case Study of
Structural Engineering Courses

指導教授：鄭國明 博士

研究生：林志軒 撰

中華民國一〇八年六月

國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士班
林志軒所撰之碩士學位論文：

STEM-6E 運用於國中生活科技課程之行動研究

—以結構課程為例

經學位論文考試委員會審議通過，特予證明。

論文考試委員：羅希哲
荆溪呈
鄭明明

論文指導教授：鄭明明

中華民國一〇八年六月九日

National Kaohsiung Normal University
Department of Industrial Technology Education

An Action Research on STEM-6E Applied to Junior
High School Technology Courses : A Case Study of
Structural Engineering Courses

by

Chih-Hsuan Lin

A thesis submitted in partial fulfillment of requirements for the degree of
Master of Science
in Industrial Technology Education
National Kaohsiung Normal University

Approved by : Shi - Jue Lou

Yu Gongbin

Cuo - Ming Tong

Advisor : Cuo - Ming Tong

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY EDUCATION
NATIONAL KAOHSIUNG NORMAL UNIVERSITY
JUNE 2019

謝誌

回顧在高師大碩班的日子，每一步都刻骨銘心。身兼教職工作與研究生兩種角色，有時會忙到自己喘不過氣來，所幸有許多貴人幫助，如期完成了碩士的學業。首先，要感謝指導教授鄭國明老師，給予我這麼在論文上發揮空間及指導，並在論文研究上提供諸多建議與方向，志軒感激在心。

感謝口考委員荊溪昱老師與羅希哲老師，在端午節連假期間，仍願出席口試，不吝給予研究內容寶貴的建議與指正，獲益良多，使得本論文更臻完備。在此，致上最深忱的謝意。

另外，感謝高師大工教系的各位師長的教導與鼓勵，於就讀時間諄諄教誨，傳遞寶貴的知識，擴展對於科技教育的視野；同時也感謝工教碩班的同學，在課業上的陪伴與協助，讓我有個既快樂及充實的碩班生活。還要感謝撰寫論文期間，陪伴我無數個夜晚的星巴克與中山國中生教組長李則叡，還有國外留學的好友黃柏鈞在英文翻譯上的鼎力相助，以及中平國中的同事們與自己導師班的小孩（昱豪、詠軒、宇恩及十三班的大夥們），總是讓我在忙碌之餘，感受到滿滿的溫暖與照顧。

最後感謝我最摯愛的家人們：總是噓寒問暖的小美嬪，後勤補給的阿母，以及成天揶揄的嘉宏，謝謝你們一路走的包容與支持，讓我能無後顧之憂完成碩士學業，因為有你們，我才能勇敢向前邁進。

謹以此論文獻給親愛的家人、師長、朋友及所有幫助過我的人，並期許自己能在科技教育持續耕耘，不忘初衷。

林志軒 謹誌

國立高雄師範大學 工業科技教育學系研究所

民國一〇八年六月



STEM-6E 運用於國中生活科技課程之行動研究

— 以結構課程為例

摘要

本研究主要以 STEM（科學、科技、工程及數學）作為課程設計的基礎，透過投入、探索、解釋、工程設計、豐富與評量的 6E 教學模式，發展國中生活科技結構課程，以「橋梁載重」與「抗震設計」兩大單元，探討學生的學習成效與教師專業成長。本研究以行動研究法為主，選取國中八年級某三個班級為研究對象，進行 11 週的教學實驗，以課堂講義、紀錄單、訪談、教學省思以及學生回饋等資料，分析學生的學習表現。期望藉由 STEM-6E 結構課程的實施，提升學生的學習興趣與能力，改善教學現場的困境，以作為未來國中生活科技課程參考。研究結果發現：(1) STEM-6E 結構課程適合落實於國中生活科技，且具體可行；(2) 學生在 STEM-6E 結構課程中展現多元能力；(3) STEM-6E 結構課程有助於科技教師專業成長。

關鍵字：科技教育、實作課程、STEM、6E 模式



An Action Research on STEM-6E Applied to Junior High School Technology Courses : A Case Study of Structural Engineering Courses

Abstract

This study used STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) as basic topics for curriculum design and applied 6E teaching model (Engage, Explore, Explain, Engineer, Erich and Evaluate) to technology courses in junior high school. Through teaching two modules, " Bridge Loads " and " Seismic Design ", students' learning effectiveness and teacher's professional growth were explored and evaluated. This research was based on action research method and the subject of this research were three eighth-grade classes in junior high school and 11-week teaching activities. In the study, lecture notes, worksheets, interviews, researchers' reflections and students' feedback were used as data to analyze learning effectiveness. The expectation of applying STEM-6E structural engineering courses included: increasing students' interest and ability, solving problems faced in teaching scenes and serving STEM-6E structural course as a reference for future curriculum design. The results are as follow: (1) STEM-6E structural engineering courses are suitable for technology courses in junior high school; (2) Students demonstrated diverse skills in STEM-6E structural engineering course; (3) STEM-6E structural engineering courses can help technology teachers grow professionally.

Keywords: Technology Education, Practice Course, STEM, 6E Teaching model



目次

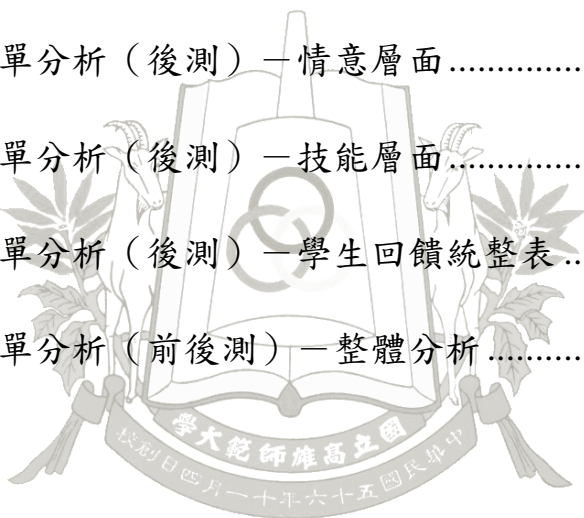
謝誌.....	I
摘要.....	III
Abstract	V
目次.....	VII
表目次.....	IX
圖目次.....	XI
第一章 緒論	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	3
第三節 名詞釋義.....	4
第四節 研究範圍與限制.....	6
第二章 文獻探討	9
第一節 十二年國教科技領域—生活科技.....	9
第二節 STEM 課程之內涵與相關研究	22
第三節 6E 教學模式與相關研究	33
第三章 研究方法與設計.....	39
第一節 研究架構.....	39

第二節 研究流程.....	40
第三節 研究場域與研究人員	41
第四節 課程設計與實施.....	44
第五節 資料蒐集與分析	57
第四章 研究結果與討論.....	63
第一節 STEM—6E 結構課程發展歷程.....	63
第二節 學習成果與學生回饋	72
第三節 教學反思與專業成長.....	93
第五章 結論與建議.....	95
第一節 結論	95
第二節 建議.....	98
參考文獻.....	100
壹、中文部分	100
貳、英文部分	103
附錄一 營建教材（課堂講義）	105
附錄二 營建教材（紀錄單）	117
附錄三 學生回饋單（前測）	123
附錄四 學生回饋單（後測）	124

表目次

表 2-1-1 科技領域核心素養具體內涵－國民中學教育階段.....	11
表 2-1-2 十二年國教與九年一貫生活科技課綱比較表	14
表 2-1-3 科技領域－生活科技各教域階段學習主軸	16
表 2-1-4 科技領域－國民中學生活科技學習表現	18
表 2-1-5 科技領域－國民中學生活科技學習內容	19
表 2-2-1 國內 STEM 相關研究.....	29
表 2-3-1 6E 模式相關教學研究.....	36
表 3-3-1 參與本研究之專家名單	43
表 3-4-1 橋樑載重之學習重點	45
表 3-4-2 橋樑載重之 STEM 知識內容	47
表 3-4-3 橋樑載重之 6E 工程設計流程.....	48
表 3-4-4 抗震設計之學習重點	49
表 3-4-5 抗震設計之 STEM 知識內容	51
表 3-4-6 抗震設計之 6E 工程設計流程.....	52
表 3-4-7 STEM 結構課程所採用之評量方式.....	53
表 3-4-8 STEM 結構課程之多元評量	54
表 3-4-9 STEM 結構課程回饋單－前測	55
表 3-4-10 STEM 結構課程回饋單－後測	56

表 3-5-1 學生資料編碼說明	58
表 3-5-2 研究者資料編碼說明	59
表 3-5-3 協同者資料編碼說明	59
表 4-2-1 回饋單分析（前測）－認知層面	82
表 4-2-2 回饋單分析（前測）－情意層面	83
表 4-2-3 回饋單分析（前測）－技能層面	84
表 4-2-4 回饋單分析（後測）－認知層面	85
表 4-2-5 回饋單分析（後測）－情意層面	86
表 4-2-6 回饋單分析（後測）－技能層面	86
表 4-2-7 回饋單分析（後測）－學生回饋統整表	87
表 4-2-8 回饋單分析（前後測）－整體分析	91



圖目次

圖 1-4-1 生活科技的核心素養架構.....	4
圖 2-1-1 核心素養滾動圓輪意象.....	10
圖 2-1-2 生活科技課程之基本理念.....	11
圖 2-1-3 科技領域－生活科技各教域階段學習主軸.....	16
圖 2-1-4 科技領域－生活科技學習表現.....	16
圖 2-1-5 科技領域－生活科技學習內容.....	17
圖 2-2-1 STEM 課程的發展.....	23
圖 2-2-2 第一種 S-T-E-M 關係圖.....	26
圖 2-2-3 第二種 SteM 關係圖.....	26
圖 2-2-4 第三種 STEM 關係圖.....	27
圖 2-2-5 第四種 STEM 關係圖.....	27
圖 2-2-6 連結型與統整型的 STEM 教學模式.....	28
圖 2-2-7 以不同學科為中心的 STEM 連結型教學模式.....	28
圖 2-3-1 6E 教學模式.....	34
圖 2-3-2 STEM－6E 教學模式.....	38
圖 2-3-3 6E 應用於 STEM 課程之示意圖.....	38
圖 3-1-1 研究架構圖.....	39
圖 3-2-1 螺旋式行動研究歷程圖.....	40

圖 3-3-1 科技與設計教室平面圖.....	42
圖 3-4-1 橋樑載重之 STEM－6E 概念圖	47
圖 3-4-2 抗震設計之 STEM－6E 概念圖	51
圖 3-5-1 三角檢核.....	60
圖 4-1-1 STEM－6E 概念架構圖.....	66
圖 4-1-2 STEM－6E 結構課程規劃架構圖	66
圖 4-2-1 學生課堂講義填寫情形(一).....	72
圖 4-2-2 學生課堂講義填寫情形(二).....	72
圖 4-2-3 學生課堂講義填寫情形(三).....	73
圖 4-2-4 學生課堂講義填寫情形(四).....	74
圖 4-2-5 學生課堂講義填寫情形(五).....	74
圖 4-2-6 學生課堂講義填寫情形(六).....	75
圖 4-2-7 學生課堂講義填寫情形(七).....	75
圖 4-2-8 學生紀錄單撰寫情形(一).....	76
圖 4-2-9 學生紀錄單撰寫情形(二).....	76
圖 4-2-10 學生實際競賽與上課搶答情形	77
圖 4-2-11 實作活動中小組分工情形.....	78
圖 4-2-12 橋梁載重作品展示.....	79
圖 4-2-13 抗震模型作品展示.....	80

圖 4-2-14 課堂講義中補充資料-「知識小百科」 81

圖 4-2-15 紙彈簧隔震裝置與滾動式平台 81

圖 4-3-1 結構課程相關教具..... 94



第一章 緒論

本研究主要探討 STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) —6E 運用在國中生活科技課程之行動研究，透過統整性課程的教學活動設計以及教學內容，提升國中學生生活科技的學習成效，期以作為科技教師教學活動設計之參考。本章共分為四小節，第一節介紹研究背景；第二節闡述研究目的與待答問題；第三節敘述研究範圍與限制；第四節則為名詞解釋，簡述本研究所提之名詞定義。

第一節 研究背景

生活科技的教學內容龐雜，教學範疇廣泛，既有的教材已無法囊括學生學習的真正需求。而生活科技課程本質涵蓋科學原理、數學概念、科技工具使用以及工程設計程序（蔡依帆、吳心昀，2014）。而科際整合 STEM 教學模式便是將科學、數學、科技、工程設計等學科知識的整合運用，強化學科與實作之間的連結性，正符合「生活科技」核心本質的教學策略。

Bybee (2013) 指出 STEM 教育的是培養 21 世紀新型態的關鍵能力。STEM 統合不同學科的涵養，有助於學生對於分科的知識和零碎的學習歷程相互進行統整。陳元愷 (2018) 透過研究指出 STEM 課程能有效幫助學生學習發展，進行跨域整合，提升學生學的整合能力。

在十二年國教新課綱中亦提及科技領域的設立，並於科技課程規畫融入科技與工程的之內涵，藉以強化學生的動手實作及跨領域的涵養，深化科學、科技、工程、數學等知識整合運用的能力，亦為此次十二年國教課綱研修的亮點（國家教育研究院，2016）。從國際的影響力與課綱革新的角度來看，足見 STEM 課程的核心價值與其重要性。

隨著十二國教科技領域的獨立，創客浪潮來襲，「生活科技」課程逐漸受到重視。面對十二年國教重大的教育改革，新舊課綱銜接的過渡期，科技教師應

該如何教授「生活科技」課程，便成燃眉之急的教育議題。依據十二年國教新課綱，生活科技課程旨在培養學生科技素養，且具備「做」、「用」、「想」的能力，透過學創意發想、材料選用以及工具操作，進而培養動手實作的能力，並涵育創意思考與科技應用等知能，同時亦培養設計、批判、問題解決、邏輯與運算思維等高層次思考的能力（國家教育研究院，2016）。為此，如何將龐大的知識體和高層次的思考能力，有效地傳遞給學生，就涉及到教師的教學現場的教學。

國家教育研究院（2016）於科技領域生活科技國中階段的學習內容規劃了「機構與結構的應用」。機構與結構課程成為國中生活科技課程的必修重點。然正值新舊課綱的交替之際，生活科技在結構相關的課程設計著墨較少，因此，本研究選定結構教學單元作為探討主題，在傳統課程當中與結構教學有關連就是營建科技，放眼現行的教學現場，科技教師在營建課程鮮少說明結構中的力學扮演的作用與角色，而學生在實作上多數偏重外型的设计，對於結構沒有深入瞭解。而力學的觀念本身較為抽象，學生難以理解力的變化，加上結構設計又屬工程教育的一環，與我們生活息息相關，對於環境型態上也頗具影響。為此，研究者設計「橋梁載重」與「抗震設計」課程單元，採用 STEM 科際整合課程模式提供學生科技探究的機會；並輔以 Barry（2014）提出投入（engage）、探索（explore）、解釋（explain）、工程（engineer）、豐富（enrich）以及評鑑（evaluate）的 6E 工程教學模式實施教學，提昇學生動手實作與科技探究的能力。

基於上述國中生活科技課程的目標與 STEM 育發展趨勢，本研究為 STEM—6E 教學模式運用於生活科技結構課程之行動研究，以科學、科技、工程與數學等為知識核心，發展生活科技教學活動，不再侷限過去舊有單一學科傳統教學，而是利用科技工具與工程設計流程的能力，藉以落實十二年國民基本教育中生活科技的核心素養。

第二節 研究目的與待答問題

本研究為 STEM-6E 運用於國中活科技結構課程之行動研究，目的在於培養學生具備科技素養，並探討教師在實施 STEM-6E 生活科技課程的教學成效，以及學生接受 STEM-6E 課程的學習表現，茲將研究目的與待答問題分述如下：

壹、研究目的

依據前述研究背景，本研究的研究目如下：

- 一、發展 STEM-6E 生活科技結構課程之教學活動與教材。
- 二、探討國中階段 STEM-6E 運用生活科技結構課程學生的學習表現。
- 三、紀錄教師運用 STEM-6E 運用生活科技課程的教學省思，以供現職教師或相關人員參考。

貳、待答問題

依據上述的研究目的，擬定以下待答問題：

- 一、STEM-6E 生活科技結構課程之教學活動與教材內容為何？
- 二、參與 STEM-6E 融入生活科技結構課程之學生對此課程的學習表現為何？
- 三、在實施 STEM-6E 教學活動與研究過程中，教師的教學成長與省思為何？

第三節 名詞釋義

針本研究或課程所提及相關詞彙進行定義說明：生活科技、STEM 課程、科技素養、行動研究。茲說明如下：

壹、生活科技

本研究所指的「生活科技」為十二年國教課綱科技領域之生活科技。在課綱中生活科技的核心理念為「做、用、想」，即為培養學生動手「做」的能力，使「用」科技產品的能力，以及設計批判之「想」的能力。藉由動手實作、工具使用、歷程思考等，協助學生進行知識與技能的整合，培養學生主動面對各種科技問題的正向態度，並能發揮創意以解決問題。(國家教育研究院，2016)

如下圖 1-3-1 所示。

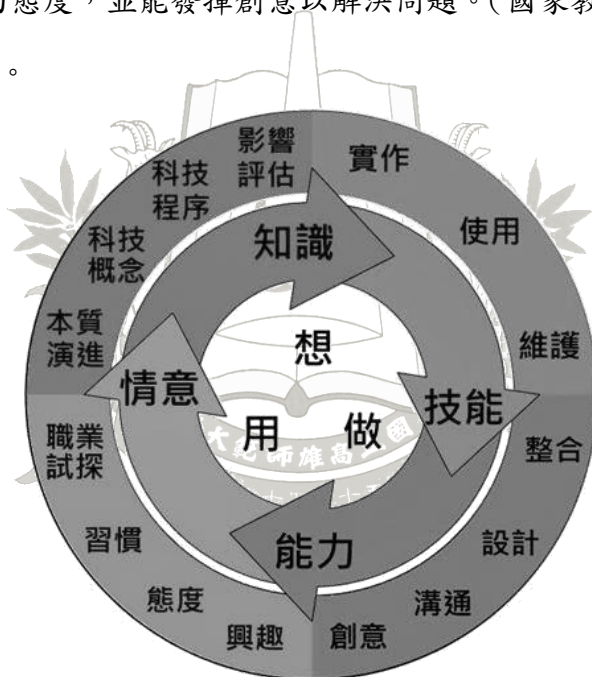


圖 1-4-1 生活科技的核心素養架構

資料來源：國家教育研究院圖目錄

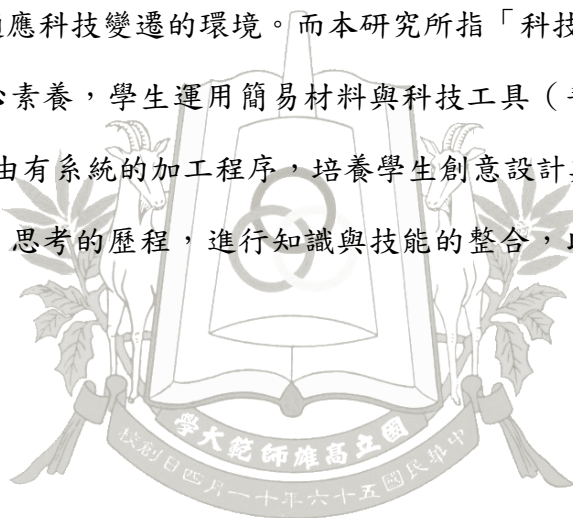
貳、STEM—6E 課程

STEM 課程是一種科際整合合作的教學模式。係指將科學、科技、工程及數學四者相互統整，並以學生為主體，強調真實情境連結，藉由主動建構知識的歷程，學習整合性知識與技能，提升學生科技素養，得以解決生活中的問題。

而 6E 即是投入、探索、解釋、工程設計、豐富及評鑑的工程教學模式。本研究所採用 STEM-6E 教學模式，以 STEM 中的「工程」為主，利用 6E 工程設計流程，串聯科技製作，科學探究、工程設計以及數學計算，將知識與實作相互整合，打破學科之間的框架，建構學生跨學科的學習能力。

參、科技素養

徐毅穎（2012）提及科技素養的內涵，即是教導學生適應未來變化所需的知識與技能，培養學生解決問題的能力與面對科技正確的態度。游家綺（2017b）認為科技教育所培養的科技素養，即價值判斷能力、正確使用科技資源與知識，解決社會問題並適應科技變遷的環境。而本研究所指「科技素養」，即為十二年國教科技領域核心素養，學生運用簡易材料與科技工具（手工具、電動工具及設備機具等），藉由有系統的加工程序，培養學生創意設計與動手做的能力，並透過實作、使用、思考的歷程，進行知識與技能的整合，以解決生活與科技的問題。



第四節 研究範圍與限制

為了達成本研究目的，研究者以國中生活科技結構課程為教學內容，發展 STEM 學習活動，以瞭解學生在學習活動進行後的學習表現。其研究範圍與限制說明如下：

壹、研究範圍

本研究以研究者所任教之新北市某國中八年級的三個班級學生為研究對象。針對參與課程之學生進行行動研究，其中男生 41 人，女生 42 人，共計 83 人。研究時間為 107 學年度上學期 10 月下旬開始，教學活動於「生活科技」課程當中進行，課程時間為期 11 周，每節上課時間為 45 分鐘。本研究以結構課程為主體，整合實作尺寸量測與計算、科技機具使用、工程設計流程等技能與知識，作為 STEM 教學單元內容。

貳、研究限制

本研究為行動研究，目的在於協助教師解決課堂上之問題，故研究結果不適合做廣泛性推論。以下針對研究對象、實驗教學時間、教學環境、課程內容等影響及限制，進行說明：

一、研究對象：

本研究僅以新北市某國中八年級學生為研究對象，研究結果可能因地域環境、學習資源與城鄉差距等因素，無法過度延伸推論至其他地區或年級的學生。

二、實驗教學時間：

本研究為行動研究，因教學時間與人力因素等限制，教學實驗僅進行 11 週，每週一節。故實驗結果可能受限於時間，產生推論之限制。

三、教學環境：

本研究之實作活動於生活科技教室進行教學與操作，具有完整的科技設備，如：線鋸機、鑽床、砂磨機等機具。因此，不宜應用於一般教室或是其他課室。

四、課程內容：

課程內容為研究者參考十二年國教科技領域生活科技課綱草案中的學習內容之「機構與結構的應用」發展而成的 STEM 生活科技結構課程。為此，本研究工具與結果不宜使用或過度推論至其他科技教學單元或概念。





第二章 文獻探討

本研究之目的主要探討 STEM 對於國中學生在生活科技課程之整合學習的學習態度與成效。依據本研究背景與目的，本章文獻探討擬定以下節次進行探討：第一節為十二年國教科技領域之生活科技、第二節為 STEM 課程之內涵與相關研究、第三節 6E 教學模式與相關研究，用以釐清研究方向與研究方法，並作為本研究之理論基礎。

第一節 十二年國教科技領域—生活科技

科技教育在十二年國教下有了嶄新的面貌，隨著科技世代的來臨，如何因應新世代的生活，符應社會需求進而與時俱進，運用科技能力儼然成為國民應具有的基本素養。而十二年國教科技領域的宗旨即是培養學生的科技素養。以下針對十二年國教科技領域之生活科技進行探討，並討論科技領域生活科技之教學重點：

壹、十二年國教科技領域之核心素養與基本理念

十二年國民基本教育之核心素養，以三面九向的滾輪意象呈現。以「終身學習者」為中心，輔以三大面向「自主行動」、「溝通互動」、「社會參與」，再細分「身心素質與自我精進」、「系統思考與解決問題」、「規劃執行與創新應變」、「符號運用與溝通表達」、「科技資訊與媒體素養」、「藝術涵養與美感素養」、「道德實踐與公民意識」、「人際關係與團隊合作」、「多元文化與國際理解」等九個細項，建構完整核心素養概念，如圖 2-1-1 所示。

而十二年國民基本教育的三大願景：「提升中小學教育品質」、「成就每一個孩子」與「厚植國家競爭力」，其中「成就每一個孩子」更是展現有教無類、適性揚才的教育理念。而科技領域課程綱要之願景，亦是希望打造一個適性且友善的學習環境，使每一位孩子都能具備基本的科技素養，並在適性和支持的環境下，啟發與開展孩子的天賦。



圖 2-1-1 核心素養滾動圓輪意象

資料來源：國家教育研究院

游光昭、林坤誼、周家卉（2016）指出科技教育之目的，在於引導學生有系統地運用科技知識、技能、思考能力以及個人經驗，並妥善利用自然資源，以滿足人類需求。諸多先進國家都將科技教育納為中小學階段重要的學領域或是必修學科。

為了符應科技社會的日新月異以及國際教育推展趨勢。國家教育研究院（2016）提出十二年國教科技領域課程綱要草案，係由「資訊科技」與「生活科技」兩門科目來實踐科技領域課程理念與目標，藉此培養學生具備科技素養。同時亦強調科學、科技、工程、數學及設計等跨域整合，強化學科之間的連結性，協助學生瞭解科學與工程的關連，以填補學科理論與實務上的空隙。

而生活科技課程的基本理念以「做、用、想」為核心，如圖 2-1-2 所示。即培養學生動手「做」的能力；使「用」科技產品的能力；設計與批判科技之「想」的能力。而本研究實施於國中課程，根據十二年國教科技領域草案，生活科技在國中階段著重於「創意設計」，強調基本的製作程序，運用簡易機具進行材料處理，以培養學生創意設計與動手實作的的能力，藉此協助學生了解科技的發展及科技與生活的關係。



圖 2-1-2 生活科技課程之基本理念
資料來源：由研究者自行整理繪製

科技領域生活科技在國中階段素養之具體內涵，由下表 2-1-1 可以發現，運用科技工具、擬訂計畫與策略、獨立思考、溝通協調及團隊合作等核心能力，皆為十二年國教的學習重點，科技教師可以設計各類課程與單元，結合課綱的具體素養，將其精神落實於教學、課程與評量當中，完整體現科技教育之內涵。

表 2-1-1

科技領域核心素養具體內涵—國民中學教育階段

總綱 核心素養 面向	總綱 核心素養 項目	總綱 核心素養 項目說明	科技領域核心素養具體內涵 國民中學教育(J)
A 自主 行動	A1 身心素質 與 自我精進	具備身心健全發展的素質，擁有合宜的人性觀與自我觀，同時透過選擇、分析與運用新知，有效規劃生涯發展，探尋生命意義，並不斷自我精進，追求至善。	科-J-A1 具備良好的科技使用態度，並能應用科技知能，以發揮自我潛能及實踐自我價值。
	A2 系統思考 與 解決問題	具備問題理解、思辨分析、推理批判的系統思考與後設思考素養，並能行動與反思，以有效處理及解決生活、生命問題。	科-J-A2 具備理解情境與獨立思考的能力，並運用適當科技工具與策略處理，以解決並處理生活問題與生命議題

(續下頁)

表 2-1-1
科技領域核心素養具體內涵－國民中學教育（續）

總綱 核心素養 面向	總綱 核心素養 項目	總綱 核心素養 項目說明	科技領域核心素養具體內涵 國民中學教育(J)
A 自主 行動	A3 規劃執行 與 創新應變	具備規劃及執行計畫的能力，並試探與發展多元專業知能、充實生活經驗，發揮創新精神，以因應社會變遷、增進個人的彈性適應力。	科-J-A3 具備善用科技資源以擬定與有效執行計畫的能力，並具備主動學習與創新求變的科技素養。
	B1 符號運用 與 溝通表達	具備理解及使用語言、文字、數理、肢體及藝術等各種符號進行表達、溝通及互動，並能了解與同理他人，應用在日常生活及工作上。	科-J-B1 具備運用各種科技符號與運算思維表達與溝通的素養，並理解日常生活中科技與運算的基本概念，應用於日常生活。
B 溝通 互動	B2 科技資訊 與 媒體素養	具備善用科技、資訊與各類媒體之能力，培養相關倫理及媒體識讀的素養，俾能分析、思辨、批判人與科技、資訊及媒體之關係。	科-J-B2 理解資訊與科技的基本原理，具備科技、資訊、媒體的應用能力，並能分析人與科技、資訊、媒體的互動關係。
	B3 藝術涵養 與 美感素養	具備藝術感知、創作與鑑賞能力，體會藝術文化之美，透過生活美學的省思，豐富美感體驗，培養對美善的人事物，進行賞析、建構與分享的態度與能力。	科-J-B3 了解美感應用於科技的特質，並能利用科技進行創作、傳播與分享。
C 社會 參與	C1 道德實踐 與 公民意識	具備道德實踐的素養，從個人小我到社會公民，循序漸進，養成社會責任感及公民意識，主動關注公共議題並積極參與社會活動，關懷自然生態與人類永續發展，而展現知善、樂善與行善的品德。	科-J-C1 具備正確的科技態度並遵守科技相關法律，且能利用科技主動關懷人文、科技、生態、與生命倫理議題。

（續下頁）

表 2-1-1
科技領域核心素養具體內涵－國民中學教育（續）

總綱 核心素養 面向	總綱 核心素養 項目	總綱 核心素養 項目說明	科技領域核心素養具體內涵 國民中學教育(J)
	C2 人際關係 與 團隊合作	具備友善的人際情懷及與他人建立良好的互動關係，並發展與人溝通協調、包容異己、社會參與及服務等團隊合作的素養。	科-J-C2 具備利用科技與群體進行溝通協調及團隊合作，以完成科技作品之能力
C 社會 參與	C3 多元文化 與 國際理解	具備自我文化認同的信念，並尊重與欣賞多元文化，積極關心全球議題及國際情勢，且能順應時代脈動與社會需要，發展國際理解、多元文化價值觀與世界和平的胸懷。	科-J-C3 能利用科技關懷、敏察和理解國內及全球科技發展現況或其他本土與國際事務，並尊重與欣賞差異

資料來源：整理自國家教育研究院（2016）。十二年國教科技領域課程綱要草案。

貳、科技領域之課程目標

國家教育研究院（2016）在科技領域草案中指出，科技的應用與產生，涉及人類社會與自然環境，如何妥善運用資源，培養永續經營的態度，使科技發展與社會環境友善共存，亦是科技領域的課程目標之一。而科技領域之課程目標在主要協助學生培養以下能力：

- 一、習得科技的基本知識與技能並培養正確的觀念、態度及工作習慣。
- 二、善用科技知能以進行創造、設計、批判、邏輯、運算等思考。
- 三、整合理論與實務以解決問題和滿足需求。
- 四、理解科技產業與職業及其未來發展趨勢。
- 五、啟發科技研究與發展的興趣，進而從事相關生涯試探與準備。
- 六、了解科技及其對個人、社會、環境與文化的互動與影響。

參、科技領域之生活科技內涵

十二年國教新課綱增設科技領域，將生活科技課程從自然領域中獨立出來，並與資訊科技合併為科技領域，旨在培養學生科技素養。隨著科技的發展俱進，以及國際科技教育的推展趨勢，生活科技課程應涵蓋更完整性的科技知能內容。

生活科技課程在九年一貫與自然學科採合科並行，然則現行的教學場域，常以分科教學，並未能完整落實九年一貫縱向銜接與橫向統整的理念。王澄霞（1995）指出分科教學所學習到的知識過於片段，而學生缺乏將片段知識加以統整的能力，且部分的知識與日常生活脫節，導致學生學習意願不高，進而造成學生學習意願低落、無動力學習。而分科教學雖有利於學習與教學，卻不易讓學習者瞭解學科之間的關聯，對於知識的統整與應用形成阻礙，不利於思考能力的養成（蔡錫濤，2000）。

生活科技課程強調「動手做」的核心概念，然而學校為了解決配課問題，在非專業師資授課之下，動手實作與科技探究等繁瑣課程內容，自然而然被犧牲，以致科技教育無法有效彰顯；縱使有專業的生活科技師資，教師在現場教學的生活科技課程內容，多非依照課本內容而教學，以致科技素養的培養產生落差（游家綺，2017b）。面對如此混亂且失序的局面，十二年國教科技領域應際而生，以下針對十二年國教與九年一貫生活科技之差異，分析整理如表 2-1-2。

表 2-1-2

十二年國教與九年一貫生活科技課綱比較表

比較項目	九年一貫自然與生活科技課程綱要	十二年國教生活科技課程綱要
學習領域	與自然學科（物理、化學、生物、地球科學）合併為自然與生活科技領域。	與「資訊科技」合併為科技領域。
授課時數	與自然科共同分配領域時數，無明確規範之必修學分數。	科技領域每週 2 節。（生活科技每學期每週 1 節課，資訊科技亦同；或依學期開設，採生活科技與資訊科技上下學期對開，每週連排 2 節課）

(續下頁)

表 2-1-2

十二年國教與九年一貫生活科技課綱比較表（續）

比較項目	九年一貫自然與生活科技課程綱要	十二年國教生活科技課程綱要
規劃理念	<ol style="list-style-type: none"> 以「能力指標」為導向之課程綱要，養成學生基本能為主要目標。 無具體規範之學習內容。 	<ol style="list-style-type: none"> 以養成學生之生活科技核心素養為主要目標。 學習重點包含學習表現（類似能力指標）、及學習內容（具體的課程內容要項）。
課程內容	<ol style="list-style-type: none"> 重視培養創意設計、製作與解決問題的能力。 聚焦於生活中常見的科技（如：材料、電機與機械應用、訊息與傳播、居住、運輸、食品及生物科技等）。 	<ol style="list-style-type: none"> 重視培養創意設計、製作、與問題解決的能力。 不強調傳統科技領域的劃分與純知識性的介紹。 重視與生活應用的連結，及對科技與社會問題的省思。

資料來源：整理自教育部 1040818 公聽會版本十二年國教科技領域課程綱要研修 Q&A

回顧九年一貫的自然與生活科技領域之課程，從學校教學現場、教科書編輯及臺灣整體教育環境等角度觀察，「生活科技」雖佔有一席之地，卻極度不受重視。在升學主義的掛帥下，多數學校僅偏重生物、理化及地球科學等升學考科，並未正常化教學，使得生活科技名存而實亡。同時，在有限的教學時間教師為求方便，僅以講述教學進行科技知識傳遞；加上諸多學校並無完整的生活科技師資、教室與設備，導致我國學生動手實作的的能力大幅下降。因應科技時代的脈動與各國科技發展趨勢，提升國民科技素養成了刻不容緩的議題。基於上述原因，十二年國教增設科技領域，藉以落實生活科技與資訊科技課程，此規劃不僅符應國際時趨與學生需求，更能使教學正常化，落實科科等值的精神。

十二年國教科技領域生活科技之內涵，由圖 2-1-3 為十二年國教各階段生活科技學習內容主軸，生活科技在國小階段以「生活應用」為主軸，強調學生對於日常生活周遭科技產品的體察與應用；國中階段重以「創意設計」為主軸，藉由動手實作的歷程，瞭解工具使用與加工程序，以連結科技形成與生活之間的關係；高中階段則為「工程設計」為主軸，藉由專題導向以及跨領域的知識統整，體現工程與科技的實質，提升學生高層次的思考能力。

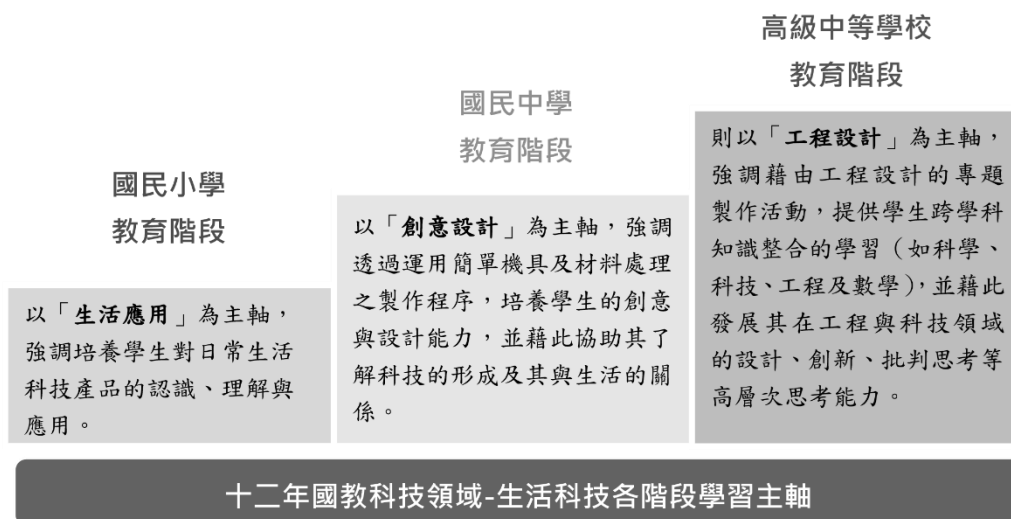


圖 2-1-3 科技領域—生活科技各教域階段學習主軸

資料來源：整理自國家教育研究院（2016）。十二年國教科技領域課程綱要草案。

十二年國教科技領域生活科技學習重點，藉由「學習表現」與「學習內容」兩個向度構成。「學習表現」為非內容的向度，是指學生知識、技能、情意與能力等核心素養的具體表現，亦是教師評量的依據。其學習表現分成「科技知識」、「科技態度」、「操作技能」及「統合能力」四個構面，如圖 2-1-4 說明所示。

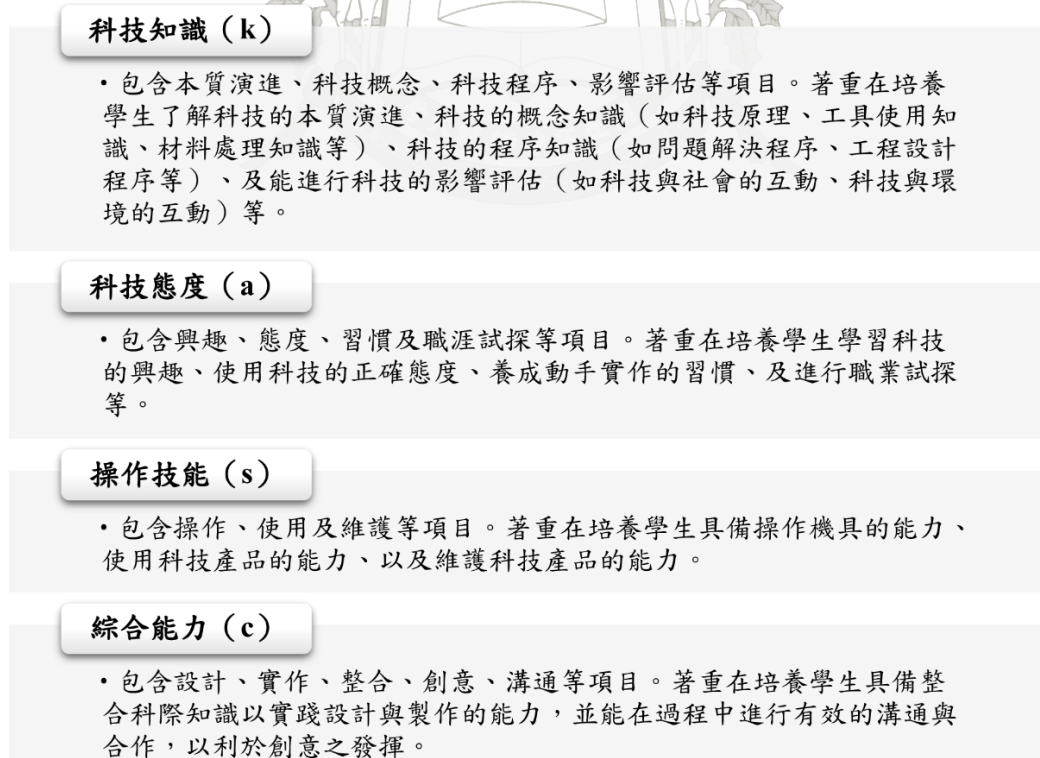


圖 2-1-4 科技領域—生活科技學習表現

資料來源：整理自國家教育研究院（2016）。十二年國教科技領域課程綱要草案。

在「學習內容」方面，則是依據學習表現訂定，根據不同教育階段主軸，以「科技的本質」、「設計與製作」、「科技的應用」以及「科技與社會」四個類別，其說明如圖 2-1-5。

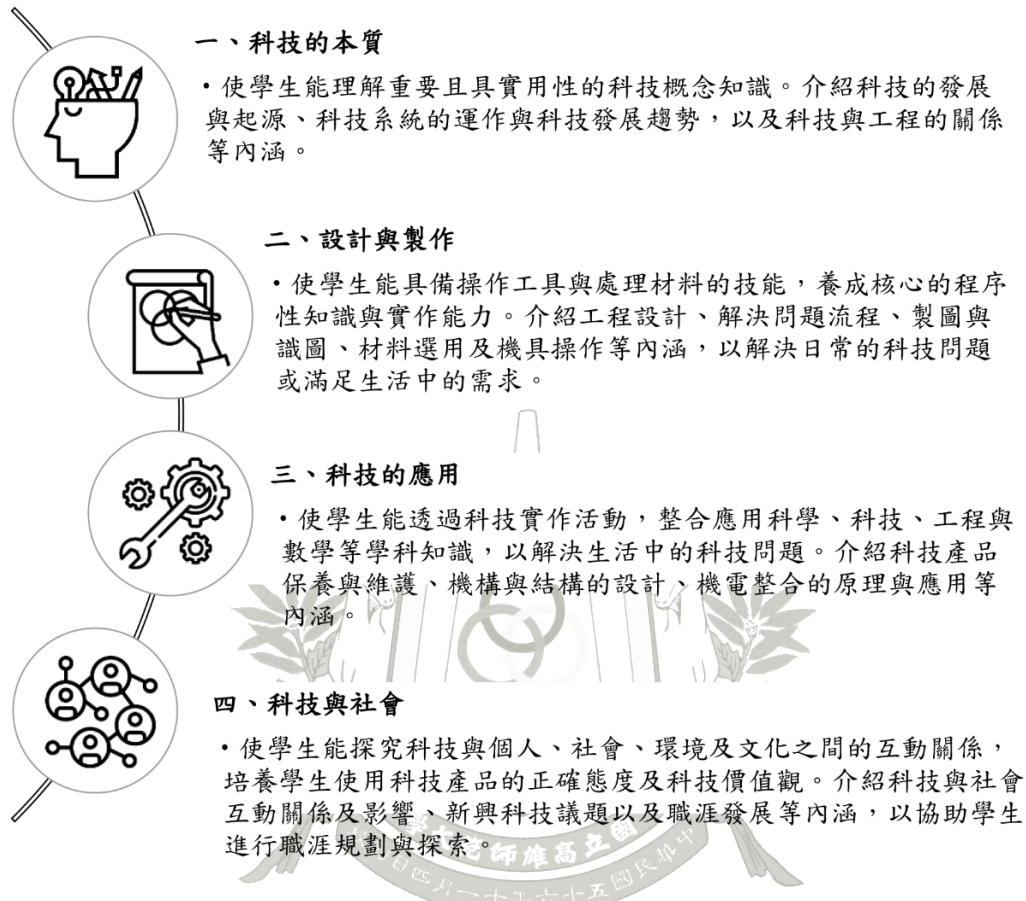


圖 2-1-5 科技領域—生活科技學習內容

資料來源：整理自國家教育研究院（2016）。十二年國教科技領域課程綱要草案。

由文獻所統整九年一貫自然與生活科技至十二年國教科技領域的課程內涵，新科綱重新審視科技教育的專業，將生活科技從自然學科中獨立，解決生活科技長期未正常化、教學式微等問題，並且於課程目標與學習表現有了更明確的規範與內容，使教師在教學課程上有所依規。此外，培養學生具備科技素養的核心之外，亦強調動手實作、創意設計、跨領域整合與應用，完整落實科技課程的教學理念與目標。由科技領域的獨立至整體的課程規劃，足見我國科技教育的勢在必行。而本研究為國中生活科技課程之行動研究，為此，下一部份探討新課綱科技領域生活科技課程在國中階段之學習重點。

肆、生活科技在國中階段之學習重點

生活科技課程在國中階段之學習重點，包含「學習表現」與「學習內容」兩部分，茲說明如下：

一、學習表現

國民中學生活科技階段以「創意設計」為學習主軸，並扣緊「做、用、想」三大核心理念，培養學生科技素養。此階段學習表現（如表 2-1-3 所示）期望學生瞭解科技的本質，習得材料及工具的基本知識，學會運用基本工具進行加工，並具備良好及正確的科技態度，展現創意思考與團隊合作等能力。

表 2-1-3

科技領域－國民中學生活科技學習表現

類別	學習表現
科技知識 (k)	生 k-IV-1 能了解科技本質、科技系統與設計製作的基本概念。 生 k-IV-2 能了解科技產物的設計原理、發展歷程、與創新關鍵 生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。 生 k-IV-4 能了解選擇、分析與運用科技產品的基本知識
科技態度 (a)	生 a-IV-1 能主動參與科技實作活動及職涯的試探。 生 a-IV-2 能具有正確的科技價值觀，並適當的選用科技產品。 生 a-IV-3 能主動關注人與科技、社會、環境的關係。 生 a-IV-4 能針對重大科技議題養成社會責任感與公民意識
操作技能 (s)	生 s-IV-1 能繪製可正確傳達設計理念的平面或立體設計圖。 生 s-IV-2 能運用基本工具進行精確的材料處理與組裝。 生 s-IV-3 能運用科技工具保養與維護科技產品
綜合能力 (c)	生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題。 生 c-IV-2 能在實作活動中展現創新思考的能力。 生 c-IV-3 能具備與人溝通、協調、合作的能力。

資料來源：整理自國家教育研究院（2016）。十二年國教科技領域課程綱要草案。

二、學習內容

生活科技在國中階段的學習內容，教師可以依循課綱之學習內容設計相關的教學活動。其目的在於使學生透過動手實作的歷程，瞭解科技的本質，進而至設計與製作，並解決生活中的科技問題，以反思科技與社會之間的互動關係

(國家教育研究院, 2016)。

表 2-1-4

科技領域－國民中學生活科技學習內容

內容類別	學習內容
科技的本質 (N)	七年級
	生 N-IV-1 科技的起源與演進
	- 科技的定義及科技本質。
	- 科技產品演進的起源、發展歷程及影響因素。
	生 N-IV-2 科技的系統
	- 科技系統組成與運作，包含：輸入、處理、輸出、回饋等歷程。
	八年級
	生 N-IV-3 科技與科學的關係
	- 科學知識在科技發展過程中所扮演的角色。
	- 科學原理在科技產品設計與製作過程的應用。
九年級	
生 N-IV-4 科技與工程的關係	
- 工程技術在科技發展過程中所扮演的角色。	
- 工程設計的基本概念，如：條件限制、效益評估、最佳化等	
設計與製作 (P)	七年級
	生 P-IV-1 創意思考的方法
	- 創意發想的技巧及傳達構想的方式。
	生 P-IV-2 設計圖的繪製
	- 日常生活中常用的識圖概念知識。
	- 常用繪圖工具的認識與使用。
	- 平面圖、立體圖的繪製，尺度標註的方式。
	- 基本的電腦輔助設計與應用。
	生 P-IV-3 手工具的操作與使用
	- 常用手工具功能與安全注意事項。
	- 常用手工具的鋸切、砂磨、組裝、美化等加工處理方法。
	八年級
生 P-IV-4 設計的流程	
- 設計的流程及問題解決的步驟，包含：界定問題、蒐集資訊、發展方案、設計製作、測試修正等。	
生 P-IV-5 材料的選用與加工處理	
- 木材、塑膠、複合材料、電子元件、金屬及新興材料的特性、選用時機與加工方法。	
生 P-IV-6 常用的機具操作與使用	
- 常用電動機具功能與安全注意事項。	
- 常用電動機具的鋸切、砂磨、鑽孔、組裝等加工處理方法	

(續下頁)

表 2-1-4
科技領域—國民中學生活科技學習內容（續）

內容類別	學習內容
設計與製作 (P)	<p>九年級</p> <p>生 P-IV-7 產品的設計與發展</p> <ul style="list-style-type: none"> - 產品設計的概念介紹，如：產品功能與設計、材料機具的應用、市場分析及顧客的選擇、對社會與環境的影響等。 - 特定需求的產品創意設計與製作專題活動。
	<p>七年級</p> <p>生 A-IV-1 日常科技產品的選用</p> <ul style="list-style-type: none"> - 科技產品選用之分析與評估。 <p>生 A-IV-2 機構與結構的應用</p> <ul style="list-style-type: none"> - 常見機構之種類、原理與應用，如：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。 - 常見結構之原理與應用，如：力的形式與使用、力矩、垂直、水平與分向傳遞結構等。
科技的應用 (A)	<p>八年級</p> <p>生 A-IV-3 日常科技產品的保養與維護</p> <ul style="list-style-type: none"> - 日常生活中常見科技產品之保養、維護與故障排除技巧。 - 能源轉換的技術與應用，如：電能轉換為機械能、熱能轉換為機械能等。 - 機械與動力傳動的應用，如：電動機、內燃機及簡單機械的運用等。 - 常用機具的使用安全與維護。 <p>生 A-IV-4 能源與動力的應用</p> <ul style="list-style-type: none"> - 能源與動力的基本概念及其應用方式。
	<p>九年級</p> <p>生 A-IV-5 電與控制的應用</p> <ul style="list-style-type: none"> - 基本電學與常用電子零件。 - 電力系統之原理與運作。 - 簡單電子電路的設計與應用。 - 簡單控制邏輯系統的應用。 <p>生 A-IV-6 新興科技的應用</p> <ul style="list-style-type: none"> - 近代新興科技的發展與應用
	<p>七年級</p> <p>生 S-IV-1 科技與社會的互動關係</p> <ul style="list-style-type: none"> - 日常生活科技產品使用與社會的互動關係，如：物流、網際網路等。

（續下頁）

表 2-1-4
科技領域—國民中學生活科技學習內容（續）

內容類別	學習內容
科技與社會 (S)	八年級
	生 S-IV-2 科技對社會與環境的影響
	- 科技發展對人類社會、自然環境的正負面影響。
	九年級
	生 S-IV-3 科技議題的探究
	- 近代重大科技議題與其對未來人類社會、自然環境的影響。
	- 個人在科技社會中所扮演的角色，及應有的正向作為。
	生 S-IV-4 科技與職涯的發展
	- 常見科技產業特性與職業種類。
	生 S-IV-5 科技與工程產業的發展
- 工程產業的發展對科技社會的影響	

資料來源：整理自國家教育研究院（2016）。十二年國教科技領域課程綱要草案。

如表 2-1-4 所示，在「科技的本質」及「設計與製作」兩個類別中，國中生需要瞭解科技演進、科技系統以及與工程的關係，並習得手工具的使用、產品的設計與發展；在「科技的應用」的類別中，國中生要正確選用並維護科技產品、應用機構與結構以及電與控制；在「科技與社會」類別中，國中生要能對科技議題、職涯發展與社會環境的影響進行探究。

伍、小結

十二年國民基本教育科技領域之課程旨在培養學生的「科技素養」，透過科技工具的使用、材料選用以及資源評估，培養學生動手實作的能力。此外，也著重設計與創意思考的涵養，強調科技的產生與社會環境存在著密不可分的關係。

科技領域之生活科技學習重點，在於引導學生以生活中的需求為動機，進而設計、製作有用及適用的物品，並在此實作的過程中，學生得以經由嘗試錯誤進而學習到系統性思考。而整體的課程規畫，教師應以探究與實作的方式進行，強調設計與製作兼顧，並重視真實世界的連結以及技能與態度並重。

第二節 STEM 課程之內涵與相關研究

以下針對 STEM 的課程內涵與相關研究進行介紹：

壹、STEM 課程之內涵

本研究以 STEM 教學模式為課程實施之策略，以科學、科技、工程與數學知識為基礎，並透過動手實作，從中找出解決問題的辦法，使學生具備設計與探究、多元整合的能力。而其理論與內涵分別敘述之：

一、STEM 課程之定義

STEM 課程是強調科際合作的教學模式，以科學 (Science, S)、科技 (Technology, T)、工程 (Engineering, E)、數學 (Mathematics, M) 相互統整，其中「科學 (S)」注重科學探究，即是追求及探索自然原理；「科技 (T)」著重技術層面，即為如何將工程所設計的工具真實製作出來，以利人類生活；而「工程 (E)」則為利用科學發現去設計社會所需工具；「數學 (M)」以科學知識為基礎，結合科學方式進行分析與統計 (Massachusetts Department of Education, 2001)。

蔡蕙文 (2008) 指出 STEM 為科學探究、科技技術、工程設計及數學分析之課程統整作為教學的方式。其中，科學、科技、工程與數學四者之間，具有密不可分的關係。如：科學探究的必須仰賴科技的工具；同樣的，科技發展也必須有科學原理做為基礎，向上發展；而數學則扮演著科學、科技與工程之間的橋樑，因為工程設計、科學研究、科技工具，必須借助數學作為工具，在結論呈現時，也多以數學公式表達呈現；工程則是利用科學原理、數學計算、以及科技工具的使用，去製作設計社會所需要的產品，四者呈現相輔相成的關係。

綜上述所論，STEM 即是以科學、科技、工程、數學為主軸，使讓學生學習到整合的知識，培養學生對於科學科技的興趣，進而增加學生解決生活中問題的能力，使學生具備面對二十一世紀的競爭力。

二、STEM 課程之發展

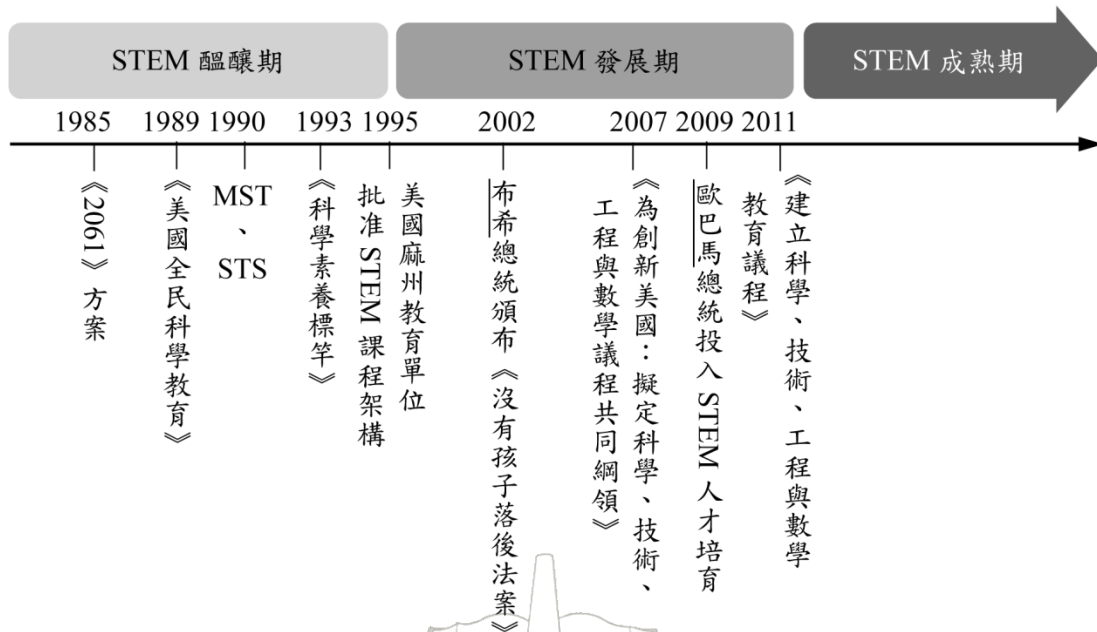


圖 2-2-1 STEM 課程的發展

資料來源：由研究者自行整理繪製

科技隨著時代瞬息萬變，美國中小學的教學教育無法提供學生完整的科學與科技的知識與技能。美國在 1980 年代初期，積極改善美國孩童所接受的科學、科技、工程與數學等教育課程。強調學生應該如同科學家一般，學習如何思考、探究問題，並打造一個學生能長期研究及解決問題的環境。因此美國科學促進會（American Association for the Advancement of Science, AAAS）在 1985 年，哈雷彗星離地球的最近那一年，提出 2061 方案（Project 2061），期盼 76 年後的 2061 年哈雷彗星再訪地球，科學教育已然具備嶄新的面貌與內涵。而 AAAS 在 1989 年，推動了「美國全民科學教育」(Science for All Americans, SFAA)，建構高中畢業前應習得之科學、數學與科技知能與基礎。並於 1993 年調整與調整 SFAA 的建議，發展「科學素養標竿」(Benchmarks for Science Literacy, BFLS)擬定了二、五、八、十二年級應知道與能做的數學、科學、科技能力與知識（李隆盛，1999）。

隨著美國對科學教育的重視，許多教育政策與整合型課程因時而生。如

1990 年代的 MST (Mathematics – Science – Technology) 以及 STS (Science – Technology – Society) 就是時代下的產物。MST 課程藉由提供一個真實情境，使學生從此情境中運用科技的知識、技術與工具，應用科學與數學的原理，進行高層次的思考與學習 (Foster, 1994; Wicklein & Schell, 1995)；而 STS 課程則是以學生切身關係的社會議題為中心，著重於探討科技與社會的互動關係，並進行批判思考與省思 (Rosenthal, 1989)

而美國麻州教育單位為 1995 年批准了 STEM 課程架構，並於 1998 年在四、八、十年級開始實施，直至 2001 年，教育相關單位再一次修改 1995 年課程架構，將學習階段區分成四個階段：分別為二年級以前、三至五年級、六至八年級及中學階段，簡稱 K-12 科學、數學、工程與科技教育，並將學習內容組合為四個科目：(1) 地球科學、(2) 生物、(3) 物理與化學、(4) 工程與科技。(Massachusetts Department of Education, 2006)

美國布希總統在 2002 年，提出《沒有孩子落後法案》(The No Child left Behind Act, NCLB) 強化閱讀、數學與科學教育。在數學與科學課程中融入工程學習，落實整合性 STEM 課程教學。重視教師培育品質、提升教學品質、注重學生數學與科學成就表現，縮短孩子之間的學習差異 (Sanders, 2008)。

而美國州長協會 (National Governors Association, NGA) 在 2007 頒布《為創新美國：擬定科學、技術、工程與數學議程共同綱領》(Innovation America: Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda)，不斷強調展開 STEM 的重要性，建立一系列 STEM 課程標準，並開發新模型以支持 K-12 學校進行 STEM 教育。強調在在全球經濟競爭的時代，唯有具備創新能力與 STEM 素養的人才，方能取得先機。(National Governors Association, 2007)。

在 2009 年，歐巴馬擔任美國總統之時，就相當重視 STEM 人才的培育，與 STEM 相關教育機構、組織如雨後春筍般大量湧現，並多次公開指出 STEM 的重要性。而 2011 年，NGA 又提出《建立科學、技術、工程和數學教育議程》(Building a Science, Technology, Engineering, and Math Education Agenda) 針對

STEM工作的人力需求有更具體的分析：在教育程度上，STEM工作者工資優於其他程度相當的工作者。在 2010 年 STEM 工人的失業率低於其他職業。由此可見，未來所需人力已不是由單一能力所能肩負，而是必須培養多元的能力才能勝任。

在 2014 年，歐巴馬總統再提出 STEM 國家人才培育策略，將 STEM 納入培育國家人才的重點，其中包括：中小學教育、大學教育、研究所教育以及非正式活動（The White House, 2013; U. S. Department of Education, 2013）。積極整合各部會資源，提升 STEM 教育推動成效，並將 STEM 教育視為領導全球的關鍵力。

從美國及其他先進國家的教育改革來看，STEM 課程重視跨學科知識統合、工程設計實作與培養解決問題的能力，正是科技教育的重要趨勢（范斯淳、楊錦心，2012）。而我國十二年國教之科技領域課綱的研修，納入了科技與工程的內涵，藉此強化實作能力與 STEM 的科際整合能力，培植未來競爭力人才，足見新課綱的與時俱進和教育改革的前瞻性。

三、STEM 課程之教育目標

STEM 課程建構學生跨科際的知識統整，重視不同學科在知識體上的差異，並設法結合相異學科的內涵及特質，設計一個貼近真實世界的課程情境，幫助學生獲得有意義的學習經驗，並誘發其主動學習意願。依據美國 National Academy of Engineering & National Research Council（2014）統整歸納 STEM 相關研究發現，美國現行的 STEM 教育之目標有五點：

- （一）建構整合性的 STEM 素養
- （二）提升 21 世紀的競爭力
- （三）STEM 勞動力準備（職業試探與理解）
- （四）培養學習興趣與參與意願
- （五）發展 STEM 跨學科知識連結的能力

由上述可知，STEM 教育之目的在培養學生具備 STEM 素養，並且提升學

生對於各領域的學習動機，利用整合性知識解決真實世界中所面臨問題。而 STEM 亦扮演職涯試探的角色，使學生瞭解個體發展，對於社會職業有更多元的認識與探索，以儲備國家未來的勞動力，為國家經濟發展之重要基礎。

四、STEM 之課程型態

STEM 課程改善過去的分科課程和教學的缺失，強調課程統整與學習者為中心，其特點在於突破學科間的框架，統合學科知識和技能的相關概念，使學生能夠主動進行思考探究，並建立科學、科技、工程與數學間彼此的相互關係，進而培養學生自主的解決各種問題的能力。STEM 的課程型態有諸多面貌，Dugger (2010) 提及美國現行 STEM 教學課程型態分為四種類型，其說明如下：

第一種 STEM 課程類型是將科學、科技、工程與數學等科目，各自獨立教授。彼此之間仍保有學科的界線，未達到科際整合理念，稱之為「S-T-E-M」，如圖 2-2-2 所示：



圖 2-2-2 第一種 S-T-E-M 關係圖

資料來源：由研究者自行整理繪製

第二種 STEM 課程類型，係指在 STEM 學科中僅著重於一個或兩個學科，而此種課程型態為大多數美國學校發生的情況。若以科學與數學教育為例，便是側重於「科學 (S)」與「數學 (M)」兩門學科的展現，則稱為「SteM」，如圖 2-2-3 所示：

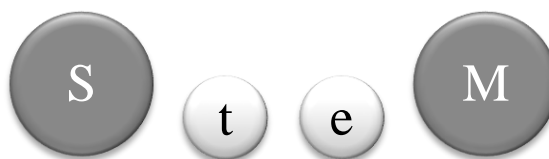


圖 2-2-3 第二種 SteM 關係圖

資料來源：由研究者自行整理繪製

第三種 STEM 的課程類型，是將 STEM 中的一個學科融入另外三個正在教授的領域。例如：工程內容可以融入到科學，科技與數學課程當中。如圖 2-2-4 所示：

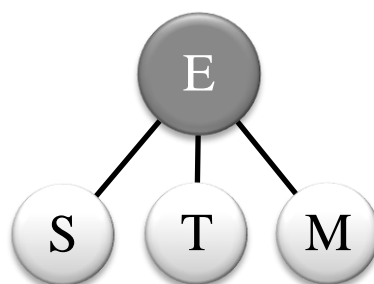


圖 2-2-4 第三種 STEM 關係圖

資料來源：由研究者自行整理繪製

第四種 STEM 的課程類型，則是更全面的教學模式，將科學、科技、工程與數學融合成一個主題課程，進行整合教學。如：以工程教育為主軸，整合科學、科技以及數學等學科知識在課程當中，如圖 2-2-5 所示：

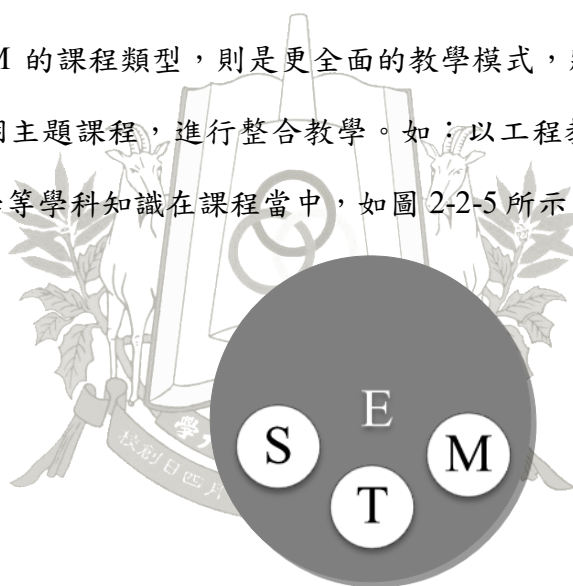


圖 2-2-5 第四種 STEM 關係圖

資料來源：由研究者自行整理繪製

上述的四類 STEM 的課程類型，展現豐富的面貌與多樣性，在教學的內容不單單僅是四個科目的連結與應用，而是整合式的統整學習，蘊含深層的素養培育。趙中建（2012）認為 STEM 是跨學科的學習，並非單一的科學、科技、工程與數學的素養組合，而是將學生學習到的零碎知識與機械過程，轉變成一個探究世界相互聯繫之不同面向的過程。

而國內學者蔡蕙文（2008）改編美國紐約州 MST 教學模式的課程架構，發

展出 STEM 之「連結型」與「整合型」兩種教學模式：(一) 連結型：透過科技教師所設計的科技活動與數學、科學和工程等學科作適當的連結。(二) 整合型：將科學、科技、工程和數學概念整合於課程活動之中，在教學活動實施中時，將四種概念統整學習，如圖 2-2-6 所示。

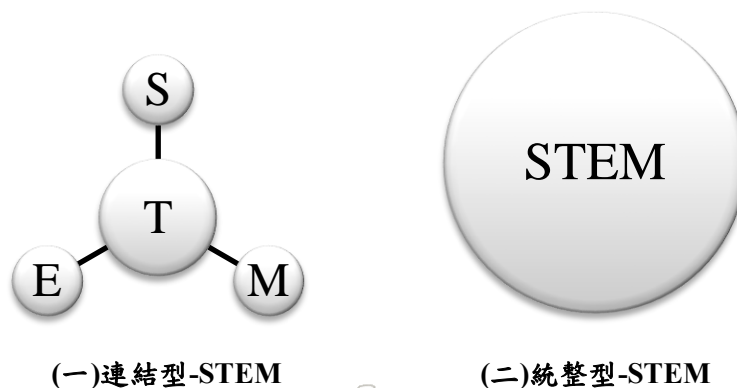


圖 2-2-6 連結型與統整型的 STEM 教學模式

資料來源：STEM教學模式應用於國中自然與生活科技領域教學之研究（蔡蕙文，2008）

而 STEM 連結型的教學模式，又可以依照不同課程主軸，再細分為四種不同的課程形態，如圖 2-2-7 所示：

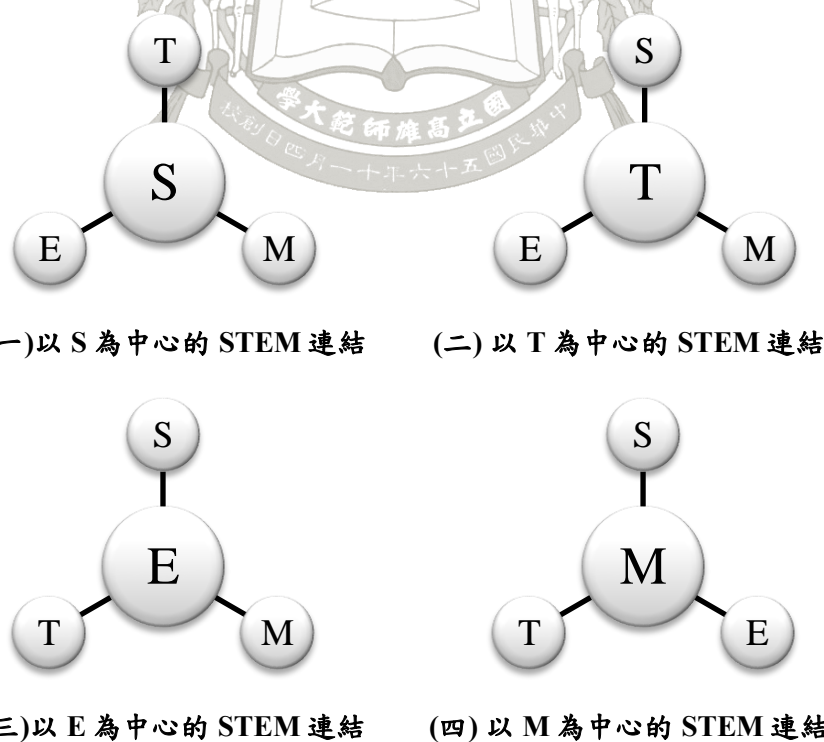


圖 2-2-7 以不同學科為中心的 STEM 連結型教學模式

資料來源：STEM教學模式應用於國中自然與生活科技領域教學之研究（蔡蕙文，2008）

貳、STEM 課程之相關研究

除前述文獻探討之外，茲整理國內近年 STEM 之相關研究，藉此深入探討 STEM 教學對於學生的學習成效，如表 2-2-1 所示。其研究主題涵蓋自然學科、烘焙、語文及樂高教學等，其研究對象包含國小、國中、高中（職）學生，共計十篇，其研究摘要整理如下表：

表 2-2-1

國內 STEM 相關研究

題目	研究者 / 年份	研究對象	研究結果
STEM 整合式教學法在國中自然與生活科技領域物理教學之研究	陳柏豪 (2008)	國中生	該研究結論學生對 STEM 整合式教學法的學習滿意度達中上水準，對於物理學科的學習有正向幫助。STEM 整合式教學法對於國中階段學生在學習自然與生活科技的興趣及成效有所幫助，可視為為國中自然科教學注入一股新的活力。
STEM 教學模式應用於國中自然與生活科技領域教學之研究	蔡蕙文 (2008)	國中生	該研究目的主要在探討 STEM 教學模式對國中學生在科學、科技、工程與數學之整合學習的學習態度與成效。研究結果顯示：STEM 教學模式有助提升國中生整合知識與概念；且學生對於 STEM 持正面肯定的態度；而 STEM 學習態度與學習成效呈顯著正相關。
樂高 STEM 教學導入國小科學學習之歷程研究	蕭佳宜 (2011)	國小生	該研究探討樂高 STEM 教學對於國小學童科學學習、問題解決之歷程影響，並且評估樂高 STEM 教學的可行性及其教學效能，以作為日後國小藉由樂高 STEM 組件進行科學學習與問題解決教學之參考。研究結論顯示：樂高 STEM 教學可以培養國小學童科具有科學學習、問題解決等多元能力。而 STEM 教學可讓學童具有正向的學習態度。

(續下頁)

表 2-2-1

國內 STEM 相關研究 (續)

題目	研究者 / 年份	研究對象	研究結果
高職餐飲科 C-STEM 烘焙創意教學之研究	吳盈潔 (2013)	高職生	該研究探討 C-STEM 對於高職生學習態度與學習成效之影響。其研究之結果 C-STEM 烘焙創意教學的學習成效上，學生閱讀的後測成績顯著高於前測成績；在學習態度上，學生在學習滿意度問卷及學習成效、學習態度、實際行為、學習評量、合作學習狀況與整體滿意度均為顯著感到滿意。
STEM 專案式學習之創造力研究—以電土為例	周雍傑 (2013)	國中生	該研究主要在探究 STEM 活動融入 PBL 專案式學習之實施成效，其教學設計以 STEM 活動為主軸，融入專案式學習為策略，教學內容以「電土」衍生之科技、工程、數學、物理及化學之整合教材與相關的教學活動。結果顯示 STEM 專案式學習對於國中階段學生的創造力提升有所幫助。
STEM 課程統整模式運用於國中生活科技教學對學生學習成效影響之行動研究	郭家良 (2014)	國中生	該研究目的主要在探討 STEM 課程統整模式對國中學生在學習科學、科技、工程與數學之學習活動接受度與學習成效。其結果顯示：(1) 學生對於 STEM 學習活動的安排表示能接受且肯定。(2) STEM 課程統整模式對於學生學習科學與工程的學習成效有正向的影響；而科技與數學的學習成效無顯著的影響。(3)STEM 課程統整模式可以提升學生學習科技與工程的意願；但未能提升學生學習科學與數學的意願。此外，亦提出以下建議：(1) STEM 內容廣泛，教學前學生須具備先備知識 (2) 實施活動前測驗，需針對低、高分組學生因材施教 (3) 學生必須藉由實作過程來瞭解科學與數學相關原理。

(續下頁)

表 2-2-1

國內 STEM 相關研究 (續)

題目	研究者 / 年份	研究對象	研究結果
探討 STEM 課程以科學探究教學法在課外社團實施之研究	林怡廷 (2015)	國小生	本研究目的在於探討成語中所蘊含的 STEM 知識，藉由科學探究方式進行教學。研究結果發現此種方式，可以提升學習信心，透過 STEM 課程可以引發創意思維，提升學生解決問題能力，培養學生跨領域整合能力，在科學態度及過程技能也有正向改變。
問題導向的 STEM 課程對高一學生問題解決能力影響之行動研究	張雨勝 (2016)	高中生	該研究運用行動研究法，探討問題導向的 STEM 課程對高一學生問題解決能力與態度之影響。研究發現問題導向的 STEM 課程能夠提升學生之問題解決能力與態度，學生對此課程抱持正向、肯定的態度，並認為課程設計能增進問題解決能力。
國中生在實作活動的 STEM 知識整合行為之研究	金衍安 (2017)	國中生	該研究以 Ajzen 所發展的計畫行為理論為基礎，以個人行為信念角度出發來探討國中生在實作活動中，會促使他們進行 STEM 知識整合行為的要素及其影響。其研究結論：(1)國中生對於實作活動時 STEM 知識整合行為有良好的接受度；(2)提高學生的知覺行為控制與行為意圖，更容易使學生在實作活動時進行 STEM 知識整合的行為；(3)實作活動的 STEM 知識整合行為表現，針對不同性別有差異；而不同年級則無差異。
STEM 取向之機構玩具實作活動對國中生機械性向影響之行動研究	游家綺 (2017a)	國中生	該研究指出學生肯定 STEM 取向之機構玩具實作活動，但 STEM 取向之機構玩具實作活動對於國中生機械性向的發展並無明顯增進。其研究結論分別為：(1)實施 STEM 取向之機構玩具實作活動，在解決問題的過程中，可以培養學生整合的能力；(2)此活動可以提升學生學習動機，對未來性向的發展有所幫助；(3)此活動實施結果順利，且學生高度肯定本活動。

資料來源：研究者自行整理

由上述相關研究可知，STEM 課程對於國中小、高中（職）階段的學生有相當大的益處，如：提升學生在創造力、團隊合作、溝通技巧以及問題解決等多元能力。而 STEM 廣泛運用在不同的議題與科別，不侷限單一的學科，而是將科學、科技、工程及數學等相關課程整合在一起，使學習更為完整。且大多數的學生經過 STEM 教學後，在學習興趣與學習成效方面上均有顯著的提升，且呈正向影響。

參、小結

透過國內的國內的相關期刊、論文整理分析可以發現，STEM 教學模式具有高度的課程統合性，可透過單一學科中的統整課程來實施，屬於一種革新的教學策略模式。面對新課綱的課程改革，STEM 模式無疑提供生活科技課程跨科際及課程統整之契機。張玉山、楊雅茹（2014）認為生活科技面臨新時代的教育環境，STEM 是值得推廣的教學策略。

STEM 課程本身具有多元的本質，且有不同的詮釋模式。如：國外學者 Dugger（2010）所提及的四種 STEM 課程型態，以及國內學者蔡蕙文（2008）提出的「連結型」與「整合型」兩種課程模式，足見 STEM 課程的多樣性。而本研究的目的，在於探討學生在實施生活科技結構課程後的學習表現，為了使學生將工程與真實世界能有所連結，研究者改良蔡蕙文提出的「連結型—STEM 教學模式」作為教學策略的實施，並於下一節進行完整的說明。

第三節 6E 教學模式與相關研究

6E 教學模式為一套以學生為中心並結合設計與探究的教學模式。以下針對 6E 教學模式的發展、教學重點以及教學應用上的相關研究進行介紹：

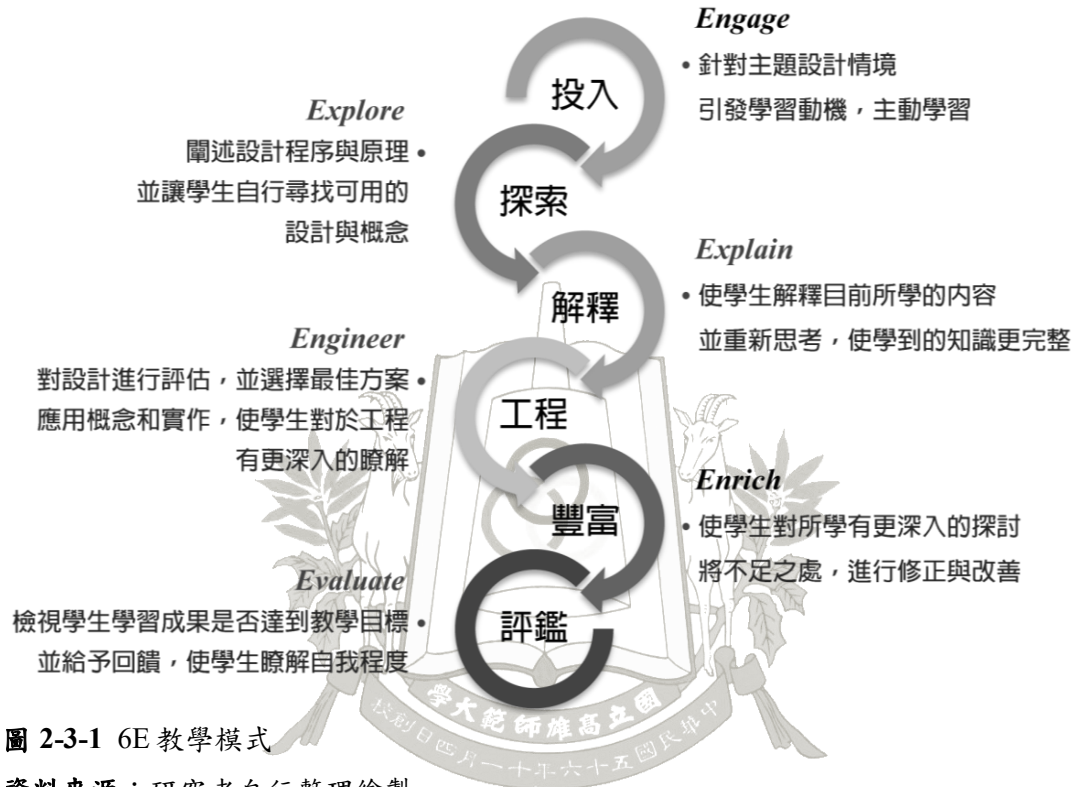
壹、6E 教學模式的發展

6E 教學模式的前身即為 5E 教學模式 (Barry, 2014)。而 5E 教學模式是以建構主義的觀點為基礎所發展的模式，而 Trowbridge & Bybee (1990) 將其學習階段劃分為五個階段：(1)參與 (Engagement)：以學生的學習為主體，設計活動引發學生的學習興趣，引起學生參與的動機。(2)探索 (Exploration)：藉由學生參與活動，並透過動手操作，建構具體的經驗。(3)解釋 (Explanation)：教師協助學生澄清，並使學生能確實理解學科知識，再引導學生進入下一階段的教學流程。(4)精緻化 (Elaboration)：藉由教師與同儕之間的互動，深化對知識的瞭解，進而獲取高層次的知識。(5)評量 (Evaluation)：為鼓勵學生自我評估，教師也可藉由評量確認學生是否達成教學目標和該有的程度。強調以學生為中心，亦提供學生探索問題、形成解釋、建構概念、溝通與表達想法的機會。藉由教師適時引導與澄清，有助於學生對於新舊概念的知識整合與釐清，並應用於不同情境的擴展與延伸。

美國國際科技與工程教育學會 (International Technology and Engineering Education Association, ITEEA) 在 2004 年投入了工程取向的 STEM 課程設計，起初，以 5E 教學模式規劃其課程，但實施多年之後，發現該模式無法有效彰顯工程核心的設計理念，因此，便將「工程 (Engineer)」層面納入 5E 教學模式，形成新的 6E 教學模式，以利 STEM 課程的實施 (Barry, 2014)。

貳、6E 模式的教學重點

Barry (2014) 所提出之 6E 教學模式，以投入 (Engage)、探索 (Explore)、解釋 (Explain)、工程 (Engineer)、豐富 (Enrich) 及評鑑 (Evaluate)，以作為發展 STEM 教學活動依據，強化學生對於工程探究與設計的能力。以下針對其六階段說明，如圖 2-3-1 所示：



6E 教學模式的重點在於以學習者為中心的教學模式，強調設計與探究的過程，並落實真實情境的呈現與工程設計的核心概念。在教學過程中，教師扮演引導者的角色，協助學生釐清問題，並鼓勵學生進行團體討論，交換彼此想法。此外，學生必須挑選可執行方案進行實作，以驗證其理論。再依據測試結果進行改良，以達到最佳化，使作品更為完備。最後，進行整體發表，以檢視學生是否達到教學目標。

參、6E 模式的相關教學研究

在科技與工程教育領域，6E 教學模式為諸多學者引用 STEM 教學模式。如蔡依帆、吳心昫（2014）以「空投救援物資」為教學主軸，採 6E 教學模式結合 STEM 課程，營造真實情境，引導學生設計及製作投擲裝置。該課程有別於傳統的科技教育活動，學生在第一次實作結束，還有再驗證的階段，檢視自己降落裝置的成敗因素，並再一次進行修正改良，以達到更深化的學習成效。

張玉山、楊雅茹（2014）則以 6E 模式研發液壓手臂學習單元，在投入階段，扣緊日常生活周遭常見的液壓機構，如：汽車煞車、挖土機等選定主題。並於探索階段介紹「帕斯卡原理」及「槓桿原理」，引導學生進行 COPA 工程探索。藉由解釋階段與工程階段，進行方案的選擇以及模型的製作。最後，在豐富及評鑑的階段，引導學生自我評估，並討論液壓手臂如何延伸應用至哪一個領域。

張玉山、簡爾君（2016）的研究，以生活科技平衡鳥單元為主軸，並融入 ARCS 理論以提高學生的學習動機，其採用 6E 教學模式，目的在於讓教師在 STEM 工程範疇上有所依歸。而姚經政、林呈彥（2016）則是以機器人為教學主軸，採用 6E 教學模式融合差異化教學，其研究結果顯示，學生在關卡上的思考變廣，並且遇到困難時，更願意向老師及同儕尋求協助。

游家綺（2018）以 6E 教學模式發展高中生活科技課程－針孔相機，結合 STEM 教學策略，並強調探索、工程及豐富三階段。在探索階段，引導學生思考針孔成像的原理、攝影原理，並探究鏡頭蓋機構該如何設計製作；於工程階段，加以測試機構是否正常，相機可否正常拍攝，並修正至最佳化；而豐富階段，則是由教師和學生一同討論，照片的成像色彩以及清晰度等。最後於期末舉辦影展發表成果，建立完整的教學活動。

而周惠柔、林弘昌（2018）以虛擬實境技術與 6E 教學模式，進行高中生活科技課程之結構單元設計。利用虛擬實境提融入感、互動性及想像性的特質，

觀察結構設計的變化，使學生瞭解簡易的力學分析，簡單計算橋梁的承受應力。在教學策略上使用 6E 教學模式，強調「探究」及「設計」的結合，有助於體現 STEM 課程「工程」核心的內涵，培養學生跨科際的整合能力，以及多元高層次的思考能力。

表 2-3-1

6E 模式相關教學研究

教學主題	研究者 / 年份	教學內容
空投救援物資	蔡依帆、 吳心昀 (2014)	以科學、科技、工程、數學(STEM)科際整合教學為基礎，結合 6E 教學模式，設計空投救援物資為學習情境之實作活動。讓學生使用有限的材料，運用先備知識並發揮小組合作與團隊溝通能力，設計出符合活動要求的擲蛋裝置進行測試。
液壓手臂單元	張玉山、 楊雅茹 (2014)	探討 STEM 之教學設計，利用液壓手臂單元為例，提出一個 STEM 教學實例，提供給教師參考。並於發展 STEM 教學活動時，融入 6E 模式（投入、探索、解釋、工程件模、豐富、評鑑）。
平衡鳥單元	張玉山、 簡爾君 (2016)	以生活科技平衡鳥單元為主軸，並融入 ARCS 理論以提高學生的學習動機，提及平衡鳥在重心的定位（數學概念）、槓桿原理及重心平衡的原理（科學知識）、設計圖繪製與手工具使用（科技應用）以及利用 6E 流程進行教學（工程設計）。
機器人教學	姚經政、 林呈彥 (2016)	將 STEM 融入機器人教學，利用 6E 探究教學模式，進行程式撰寫，並設定差異化的任務關卡，彌補學生在 STEM 課程所學生能力差異。
針孔相機	游家綺 (2018)	透過 STEM 實作活動，說明理化的針孔成像；從數學的角度，計算成像的焦距與設計圖尺寸；藉由科技及工程角度，說明攝影原理、工程圖繪製以及實作技能，完成自製針孔相機。
利用虛擬實境技術進行高中生活科技之結構設計	周惠柔、 林弘昌 (2018)	應善用虛擬實境三大特性：融入感、互動性與想像力，讓學生理解結構穩定或產生形變的原因，以作為強化高中生活科技課程工程設計的教學。

資料來源：研究者自行整理

從上述相關研究可以發現，6E 教學模式有助於工程設計課程的推動與實施，協助學生掌握課程的主題與議題，並強調與真實情境連結。不僅引導學生自行探究問題、建構知識，提升解決問題的能力；同時也能讓科技教師在「工程設計」教學上能有所依循，使學生達到學習深化、整合的目標。

肆、小結

6E 教學模式為近年來因應 STEM 課程所發展的一套教學模式，改善了 5E 教學模式的不足，強化了 STEM 課程中「工程」層面的內涵，並以學生為主體中心，強調設計與探究並重的教學方法 (Barry, 2014)。

江文鉅 (2009) 指出「工程」為科技教育的核心，工程與科技兩者密不可分。而本研究結構設計屬於工程教育的一環，期望學生在橋梁載重與抗震設計的課程當中，藉由動手實作與自主探究，以釐清力學的抽象概念與建築物耐震的相關知識。

十二年國教科技領域目的在於培養學生具備科技素養，並藉由 STEM 的實施，以涵育學生跨科際知識應用、創意設計以及批判思考的能力 (國家教育研究院, 2016)。有鑑於 STEM 課程在科學、數學與科技領域均有各自獨立的教學內容與課程，為使 STEM 能更有效學習與應用，研究者修改蔡文蕙 (2008) 提出以 E 為中心的 STEM 連結型模式 (圖 2-2-7)，利用三位一體的整合模式，輔以帶狀 6E 工程設計流程，將科技製作、科學理論及數學計算串聯起來，體現完整的工程內涵，提供學生實作探究的機會，如圖 2-3-2 所示。

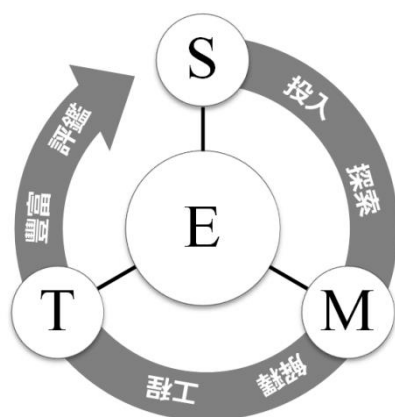


圖 2-3-2 STEM-6E 教學模式
資料來源：由研究者自行繪製

本研究實施之 STEM-6E 課程，依前述文獻探討，採用「工程」為核心之 STEM 連結型教學模式，並以 6E 強化其工程設計流程，結合科技、科學及數學等學科技能，建構學生完整的學習歷程。其教學模式如同一張堅固的椅子，椅面以 6E 工程設計程序，連結數學計算、科學原理及科技製作三者，打造一個穩固的知識體，並藉由動手實作的經驗，驗證其知識理論，提供學生跨域整合的學習機會，培養學生設計與探究的能力，如圖 2-3-3 所示。

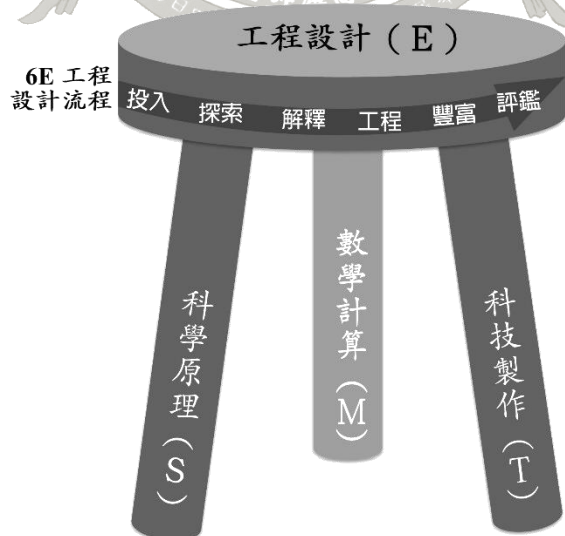


圖 2-3-3 6E 應用於 STEM 課程之示意圖
資料來源：研究者自行設計繪製

第三章 研究方法與設計

本研究採用質性為主，量化為輔之行動研究，並依據前述文獻探討作為理論基礎，探討 STEM-6E 運用在國中生活科技課程中之學生學習表現。本行動研究以教師觀察紀錄、教學省思、學生訪談、課堂講義與紀錄單等質性資料作為整理歸納；再輔以回饋單的填答進行量化分析，探討學生的學習成效與表現，並根據本研究之結論，提出 STEM-6E 運用生活科技課程之具體建議，期以作為科技教師教之參考。本章節共分為五節：第一節為研究架構，第二節為研究流程，第三節為研究場域與研究人員，第四節為課程設計與實施，第五節為資料蒐集與分析。

第一節 研究架構

本研究以新北市某一國中三班八年級學生為對象，運用 STEM-6E 運用於生活科技之橋樑載重與抗震設計結構課程。以「工程」作為 STEM 課程核心，輔以 6E 教學模式。在課程過程當中進行資料蒐集，如：課堂錄影、學生訪談、教學省思、課堂講義與紀錄單等，並於課程結束後進行資料分析，以評估 STEM 運用生活科技課程之學生學習表現與學習成效。其研究架構圖，如下圖 3-1-1。

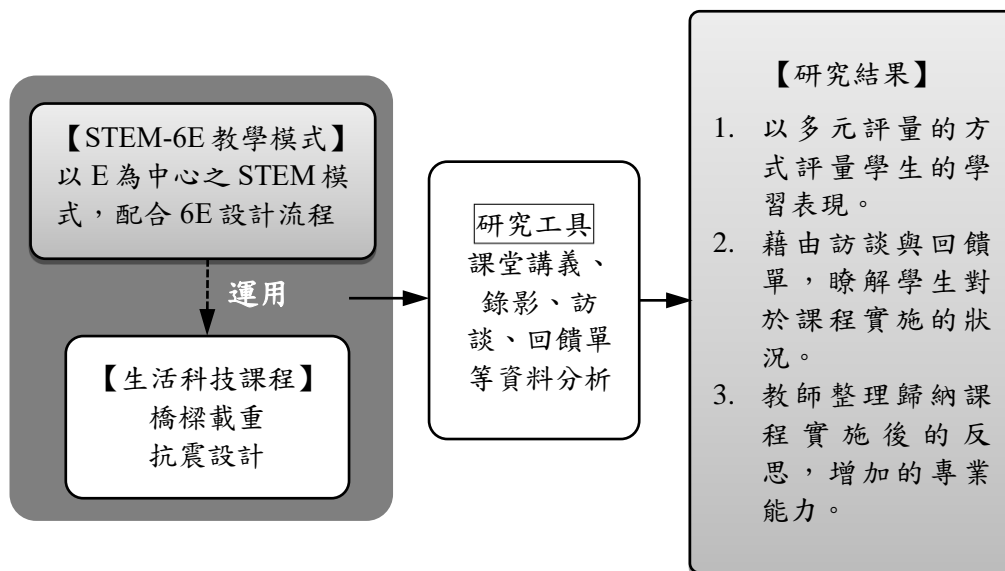


圖 3-1-1 研究架構圖

資料來源：研究者自行繪製

第二節 研究流程

蔡清田（2011）指出行動研究是實務工作者對實務工作的專業檢討與反省，行動研究旨在引導實務工作的變革與改進，以解決實際問題，並增進自身實務理解。本研究根據規劃、行動、觀察、省思及再行動四個歷程為基礎，並改良 Lewin 螺旋行動研究圖，如圖 3-2-1 所示。

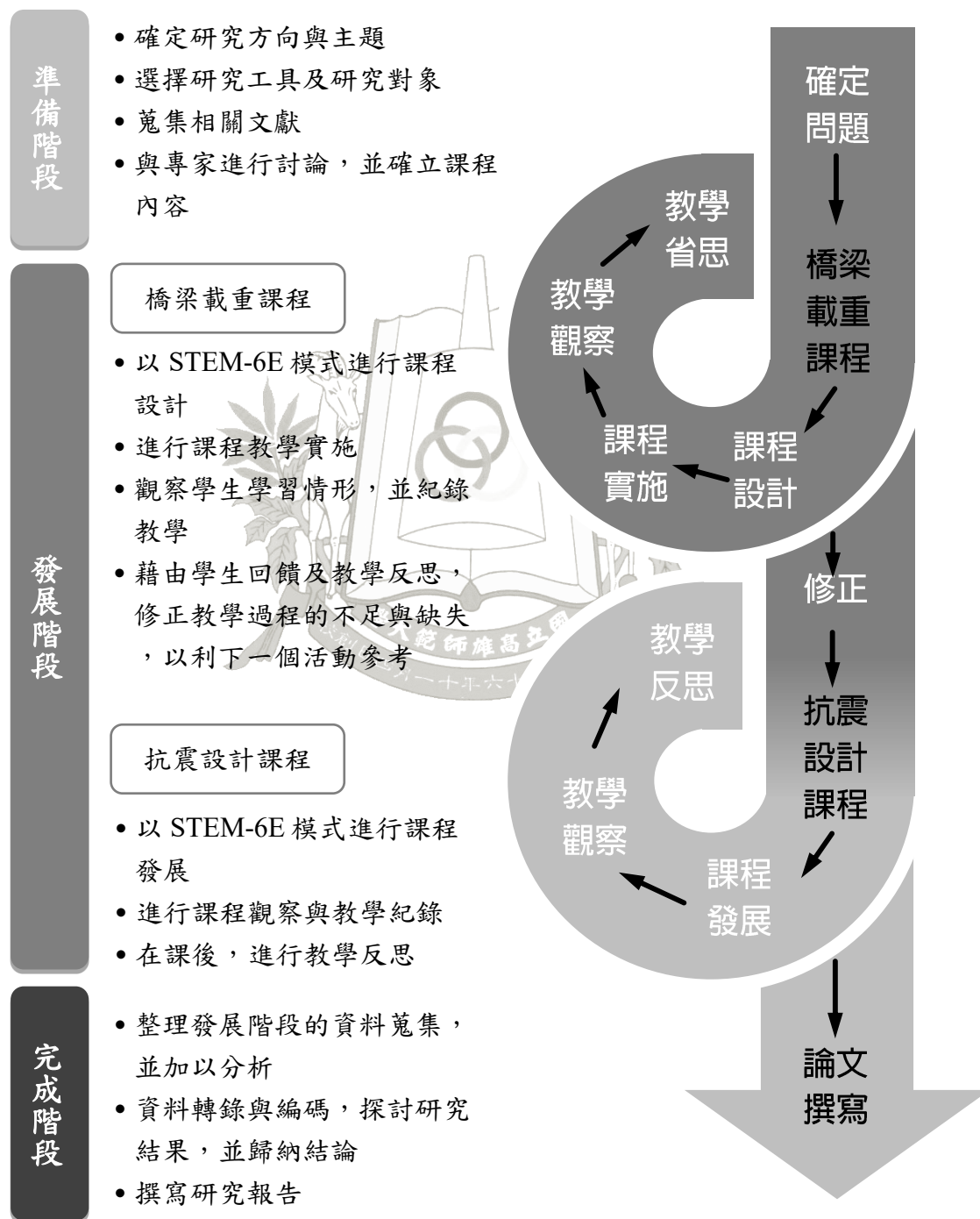


圖 3-2-1 螺旋式行動研究歷程圖

- 一、**準備階段**：擬定研究方向及主題，選定研究對象及研究工具，蒐集相關文獻以作為發展 STEM-6E 課程之基礎，並根據文獻探討設計教學活動、紀錄單及課程內容，並與專家進行討論。
- 二、**發展階段**：本研究依照 STEM-6E 教學模式規劃生活科技結構課程，分別為「橋梁載重」與「抗震設計」兩個教學活動。在教學活動實施的過程中，不斷進行觀察與資料蒐集，並藉由教師的教學反思，修正教學過程中的不足與缺失，以利下一個教學活動之參考，隨時進行滾動式修正。
- 三、**完成階段**：研究者將教學過程中所蒐集的資料，加以整理、分析與歸納，並提出結論與建議，撰寫成研究報告。以作為教師專業成長與教案發展之參考依據。

第三節 研究場域與研究人員

本研究旨在以 STEM 運用於生活科技課程，從實際進行教學活動瞭解學生學習成效，而行動研究即是研究者針對工作場域發現問題，釐清問題或困難所在，並發展行動策略，付諸實踐。此節針對本研究之場域及研究人員進行說明：

壹、研究場域

一、學校介紹

研究者任教國中位於新北市，該國中於民國 77 年創校，迄今已有 30 年的歷史，每個年級有 21 班，全校共有 63 個班級，學生人數約一千八人，屬該縣市中型學校。校園風氣友善，設備新穎，並落實品德、健康、閱讀及藝文等多元教育。近年配合教育局政策，積極努力推動創客教育，落實學生 Maker 動手做的精神，可謂是一所期望學生適性發展、多元學習的學校。

二、教室規畫

實施教學活動的地點為「科技與設計教室」，屬本校生活科技課程之專科教室。教室環境前方有智慧型互動式白板和電腦，並有六張工作桌、教室兩側為收納儲物櫃，教室後方則為加工區。教室內工具包含曲線鋸、手搖鑽、螺絲起

子、鉗類工具、熱熔膠槍、電烙鐵等基本手工具；傳統加工機具部分有鑽床、線鋸機、帶鋸機、圓鋸機、砂磨機、刨木機及微型車床；新興加工機具則有 3D 列印機、雷射雕刻機，是一間工具齊全、設備完善的教室，其教室平面圖如 3-3-1 所示。

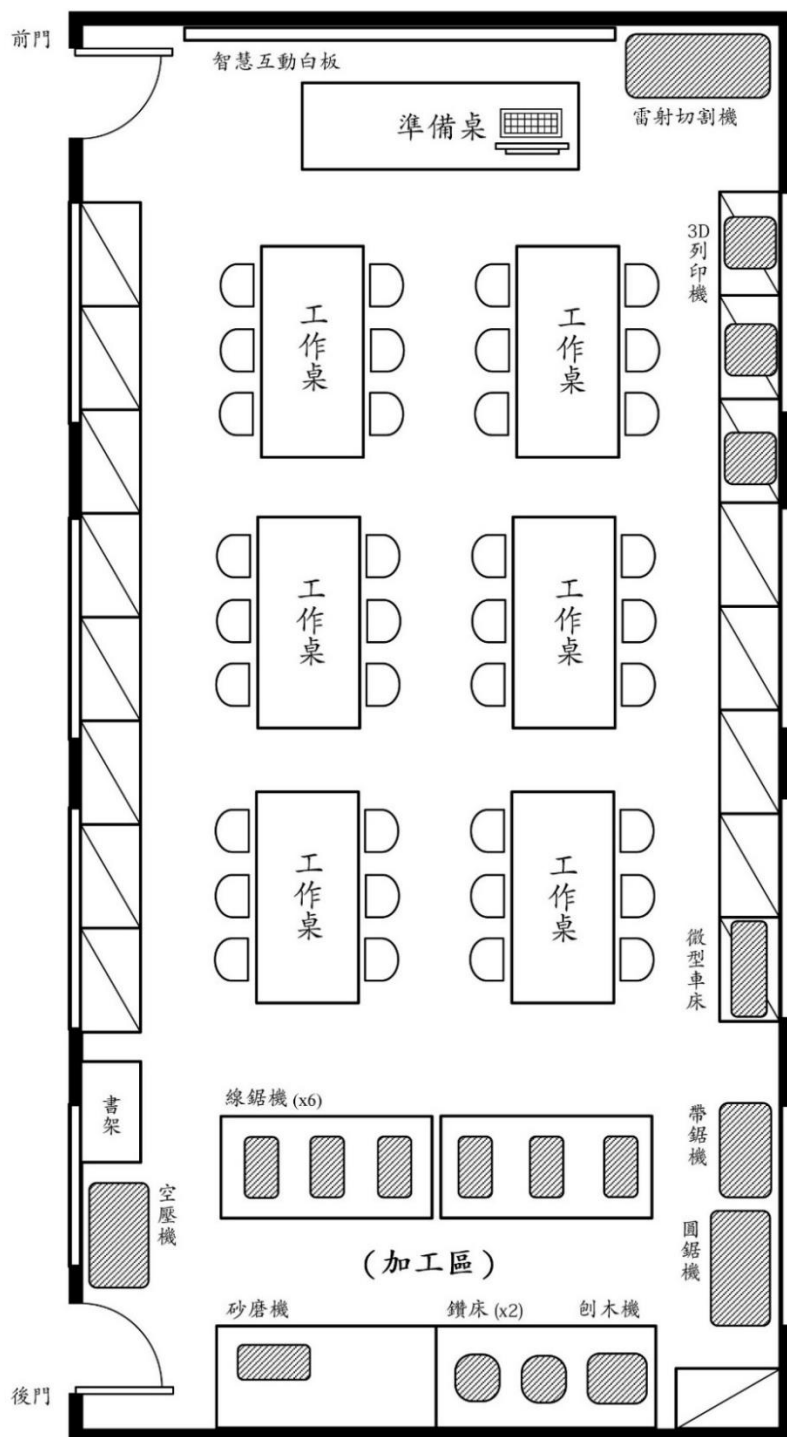


圖 3-3-1 科技與設計教室平面圖

資料來源：研究者自行繪製

貳、研究人員

一、研究對象

本研究以研究者任教之兩個班級，對象為新北市某國中八年級之三個班級學生，共 83 人。其男、女比約占各一半，學生組別方式採隨機分組，分為五組，四組皆為四人，僅一組為五人。

二、研究者

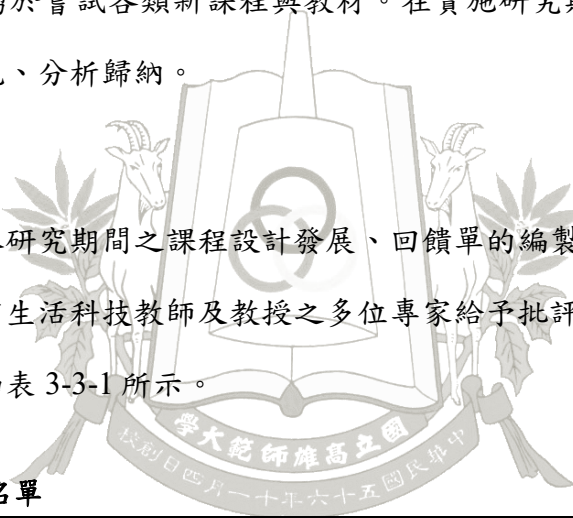
研究者畢業於國立高雄師範大學工業科技教育學系，並於工教所科技教育組進修，目前擔任國中生活科技教師，對於科技教育充滿熱情，為提升學生學習興趣及成效，踴於嘗試各類新課程與教材。在實施研究期間，研究者將會客觀描述、忠實呈現、分析歸納。

三、專家

研究者進行本研究期間之課程設計發展、回饋單的編製、教學策略修正以及結論分析，皆有生活科技教師及教授之多位專家給予批評與建議。其參與本研究之專家名單如表 3-3-1 所示。

表 3-3-1

參與本研究之專家名單



專家姓名	職稱
鄭○明	國立師範大學—教授（協同者）
林○國	新北市立國民中學—校長
林○伊	新北市立國民中學—教務主任
李○叡	新北市立國民中學—生活科技教師（協同者）
吳○慶	新北市立國民中學—生活科技教師（協同者）

第四節 課程設計與實施

現行的九年一貫「自然與生活科技」學習領域缺乏完整架構與素養培養，對於跨科統整的概念與實作評量等教學內容明顯不足。為此，研究者依照前文獻探討與十二年國教科技領域課綱內容，設計生活科技結構課程，並且融入 STEM 跨科際的元素，強化動手實作的能力，並重視與真實世界經驗連結。

「機構與結構」在十二年國教科技領域扮演著一個重要的角色，而「結構」在科技應用中有著舉足輕重的地位，生活中的建築或裝置能夠正常運作使用皆需仰賴穩固的結構，而結構提供承載重量與支撐的功能，舉凡日常所見的橋樑、道路、房屋等結構體，都涉略到力的承載以及結構的使用。因此，結構設計成了重要的核心關鍵。

回顧九年一貫生活科技課程，橋樑載重、房屋設計等單元隸屬營建科技範疇，而在新舊課綱交接之際，為了使學生建構更完整的營建科技概念，本研究選定橋樑載重活動及房屋抗震設計作為教學的主軸，輔以 STEM 教學模式，將科學、科技、工程及數學等知識相互連結，並利用 6E 工程設計流程，引導學生認識觀察生活周遭的結構體，透過動手實作，分析結構的可行性與合理性。

以下針對結構課程設計及評量方式，進行說明：

壹、結構課程教學活動設計

本研究以生活科技課結構課程為例，設計「橋樑載重」與「抗震設計」兩個教學活動，並依據前述的 STEM 課程的教育內涵與十二年國教科技領域—生活科技課綱的學習重點編撰設計，輔以「工程 (E)」為主體之 STEM—6E 教學模式進行教學，使學生充分理解結構的設計與機具的使用，其教學活動設計如下：

一、橋樑載重課程

(一) 教學對象：國中八年級

(二) 教學時間：270 分鐘，6 節課

(三) 教學目標：

1. 瞭解應力種類與應力在日常生活中的運用
2. 瞭解橋樑結構類別、特性及優缺點
3. 瞭解結構設計的力學原理的應用
4. 學生能正確的使用手工具進行加工
5. 學生能以結構為設計主體，設計出可以載重之橋樑模型

(四) 教學設備：

STEM 結構課程涉及到科技實作，因此，需要仰賴手工具進行製作與修正，以下列出本教學活動使用工具清單：

1. 量測工具：直尺、直角規、懸掛式電子秤
2. 鋸切工具：手線鋸、線鋸機、尖嘴鉗、斜口鉗
3. 砂磨工具：砂紙
4. 接合工具：熱熔膠、三秒膠、白膠
5. 夾持工具：C 型夾、虎鉗

(五) 課綱對應：

本教學活動依照十二年國教科技領域國中生活科技學習重點進行發展設計，如表 3-4-1 所示。

表 3-4-1

橋樑載重之學習重點

教學活動	學習重點
橋樑載重	(核心素養) 科-J-A2 具備理解情境與獨立思考的能力，並運用適當科技工具與策略處理，以解決並處理生活問題與生命議題。 科-J-B3 了解美感應用於科技的特質，並能利用科技進行創作、傳播與分享。 科-J-C1 具備正確的科技態度並遵守科技相關法律，且能利用科技主動關懷人文、科技、生態、與生命倫理議題。

(續下頁)

表 3-4-1

橋樑載重之學習重點 (續)

教學活動	學習重點
	<p>生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。</p> <p>生 a-IV-1 能主動參與科技實作活動及職涯的試探。</p> <p>生 a-IV-3 能主動關注人與科技、社會、環境的關係。</p> <p>(學習表現)</p> <p>生 s-IV-1 能繪製可正確傳達設計理念的平面或立體設計圖。</p> <p>生 s-IV-2 能運用基本工具進行精確的材料處理與組裝。</p> <p>生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題。</p> <p>生 c-IV-2 能在實作活動中展現創新思考的能力。</p> <p>生 c-IV-3 能具備與人溝通、協調、合作的能力。</p>
<p>橋樑載重</p> <p>(學習內容)</p>	<p>生 N-IV-3 科技與科學的關係</p> <p>科學原理在科技產品設計與製作過程的應用。</p> <p>生 N-IV-4 科技與工程的關係</p> <p>工程技術在科技發展過程中所扮演的角色。</p> <p>生 P-IV-2 設計圖的繪製</p> <p>平面圖、立體圖的繪製，尺度標註的方式。</p> <p>生 P-IV-3 手工具的操作與使用</p> <p>常用手工具的鋸切、砂磨、組裝、美化等加工處理方法。</p> <p>生 P-IV-4 設計的流程</p> <p>設計的流程及問題解決的步驟，包含：界定問題、蒐集資訊、發展方案、設計製作、測試修正等。</p> <p>生 A-IV-2 機構與結構的應用</p> <p>常見結構之原理與應用，如：力的形式與使用、力矩、垂直、水平與分向傳遞結構等。</p> <p>生 S-IV-4 科技與職涯的發展</p> <p>常見科技產業特性與職業種類。</p>

(六) 橋樑載重之 STEM 課程規畫

橋樑載重設計的課程規畫，利用團體分組進行課程活動。力學原理為

該教學活動主要的科學基礎，學生透過基礎的數學計算，完成橋樑的尺寸量測，進而使用手工具及機具進行實作，並依循著工程設計流程，完成作品進行測試。如圖 3-4-1 所示。

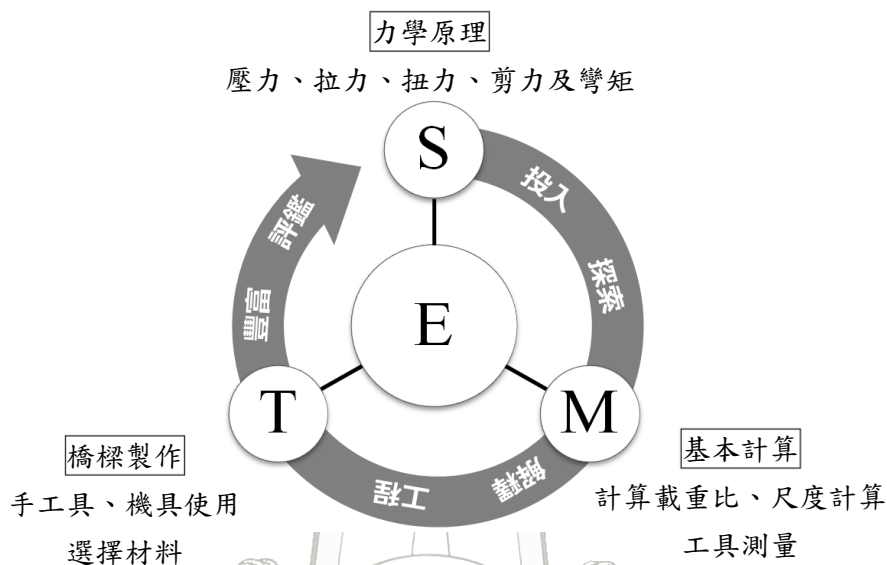


圖 3-4-1 橋樑載重之 STEM—6E 概念圖

資料來源：研究者自行繪製

為了釐清學生習得各學科面向的知識，以下針對「橋樑載重」教學活動所涉及到的科學 (S)、科技 (T)、工程 (E)、數學 (M) 等知識內容，進行詳細說明，如表 3-4-2：

表 3-4-2

橋樑載重之 STEM 知識內容

STEM 領域	知識內容
科學 Science	<ul style="list-style-type: none"> 瞭解力學原理
科技 Technology	<ul style="list-style-type: none"> 繪製橋樑設計圖 選擇合適材料 使用基本手工具、加工機具進行操作 實踐設計圖完成橋樑製作
工程 Engineering	<ul style="list-style-type: none"> 使用 6E 教學模式，引導學生設計歷程 工程製圖與製作步驟 發現問題所在 (橋樑結構承載問題) 修正問題並加以改良 將最佳化
數學 Mathematics	<ul style="list-style-type: none"> 測量材料各部位尺寸 計算橋樑載重比

資料來源：研究者自行整理

(七) 橋樑載重之 6E 教學流程

本教學活動為 STEM 取向之科際整合課程，並依照國際工程教育學會所提出之 6E 教學模式為基礎 (Burke, 2014)，設計相對應的教學內容，提供學生完整的學習歷程，培養學生主動思考及探究的能力。其教學流程如表 3-4-3 所示：

表 3-4-3

橋樑載重之 6E 工程設計流程

週次	6E 程序	教學活動	STEM 領域
一 (10/29)	投入 Engage	<ul style="list-style-type: none"> 講解力與結構 分辨樑、梁、柱 觀察結構與結構補強練習 	科學 (S)
二 (11/5)	探索 Explore	<ul style="list-style-type: none"> 複習力學原理 介紹生活中常見結構應用：橋樑種類與房屋結構 說明「橋樑載重大賽」之規則，如：材料規範、製作方式及競賽準則等。 各小組討論該組橋樑之設計圖 	科學 (S) 科技 (T)
三 (11/12)	解釋 Explain	<ul style="list-style-type: none"> 重申「橋樑載重大賽」之規則 由各組自行選定橋樑製作類型，並說明該組橋樑設計圖設計之原因 	科學 (S) 科技 (T)
四 (11/19)	解釋 Explain 、 工程 Engineer	<ul style="list-style-type: none"> 開始依設計圖實作，並要求學生解釋其加工步驟與操作流程 確認材料，測量材料尺寸 選定工具，進行加工，如：線鋸機、曲線鋸、熱熔膠等 各小組進行初步載重測試 	科技 (T) 工程 (E)
五 (11/26)	工程 Engineer 、 豐富 Enrich	<ul style="list-style-type: none"> 依據初步載重測試進行橋樑結構補強，並找出原因 利用工具進行調整，並將調整的過程及想法記錄在紀錄單中 再進行測試，將該組的橋樑設計，改良至最佳化 	工程 (E) 科技 (T) 數學 (M)
六 (12/3)	評鑑 Evaluate	<ul style="list-style-type: none"> 進行最終比賽，計算哪一組載重比最佳，並給予獎勵 檢核小組作品、學生紀錄單、分工紀錄等表現，由教師根據上述學習成果，給予評分 	數學 (M)

資料來源：研究者自行整理

二、抗震設計課程

(一) 教學對象：國中八年級

(二) 教學時間：180 分鐘，5 節課

(三) 教學目標：

1. 認識地震帶來的災害
2. 瞭解建築材料與建築施工流程
3. 瞭解地震工程與不良的建築的缺點
5. 認識制震與隔震系統
6. 學生能以結構設計主體，製作出可以抗震之建築模型

(四) 教學設備：

抗震設計課程以義大利麵及厚紙板，做為主體材料，以下列出本教學

活動使用工具清單：

1. 量測工具：直尺、直角規、電子秤
2. 鋸切工具：剪刀、美工刀、鑽床
3. 接合工具：熱熔膠、三秒膠、白膠
4. 其他：棉線、黏土、保麗龍球等

(五) 課綱對應：

本教學活動參考十二年國教科技領域國中生活科技學習重點進行發展

設計，如表 3-4-4 所示。

表 3-4-4

抗震設計之學習重點

教學活動	學習重點
抗震設計	(核心素養) 科-J-A2 具備理解情境與獨立思考的能力，並運用適當科技工具與策略處理，以解決並處理生活問題與生命議題。 科-J-B3 了解美感應用於科技的特質，並能利用科技進行創作、傳播與分享。

(續下頁)

表 3-4-4

抗震設計之學習重點 (續)

	生 k-IV-3 能了解選用適當材料及正確工具的基本知識。
	生 a-IV-1 能主動參與科技實作活動及職涯的試探。
	生 a-IV-3 能主動關注人與科技、社會、環境的關係。
(學習表現)	生 s-IV-1 能繪製可正確傳達設計理念的平面或立體設計圖。
	生 s-IV-2 能運用基本工具進行精確的材料處理與組裝。
	生 c-IV-1 能運用設計流程，實際設計並製作科技產品以解決問題。
	生 c-IV-2 能在實作活動中展現創新思考的能力。
	生 c-IV-3 能具備與人溝通、協調、合作的能力。
<hr/>	
	生 N-IV-4 科技與工程的關係 工程技術在科技發展過程中所扮演的角色。
	生 P-IV-2 設計圖的繪製 平面圖、立體圖的繪製，尺度標註的方式。
(學習內容)	生 P-IV-3 手工具的操作與使用 常用手工具的鋸切、砂磨、組裝、美化等加工處理方法。
	生 P-IV-4 設計的流程 設計的流程及問題解決的步驟，包含：界定問題、蒐集資訊、發展方案、設計製作、測試修正等。
	生 A-IV-2 機構與結構的應用 常見結構之原理與應用，如：力的形式與使用、力矩、垂直、水平與分向傳遞結構等。

(六) 抗震設計之 STEM 課程規畫

抗震設計的課程規畫，採小組合作進行。地震知識為該教學活動主要的科學基礎，而地震工程所涉及到的知識，如：板塊運動、地震波的傳遞與制震隔震系統等。而學生必須製作一個抗震模型，模擬真實世界建築物遭受搖晃的狀況，並觀察模型在過程中受力的情形及測試結構的強度。透過實作活動，學生必須親自量測所使用材料之尺寸，並利用簡易的手工具

及機具進行模型製作。整體課程規畫依循圖 3-4-2 之 STEM-6E 工程模式，完成作品，並進行測試。

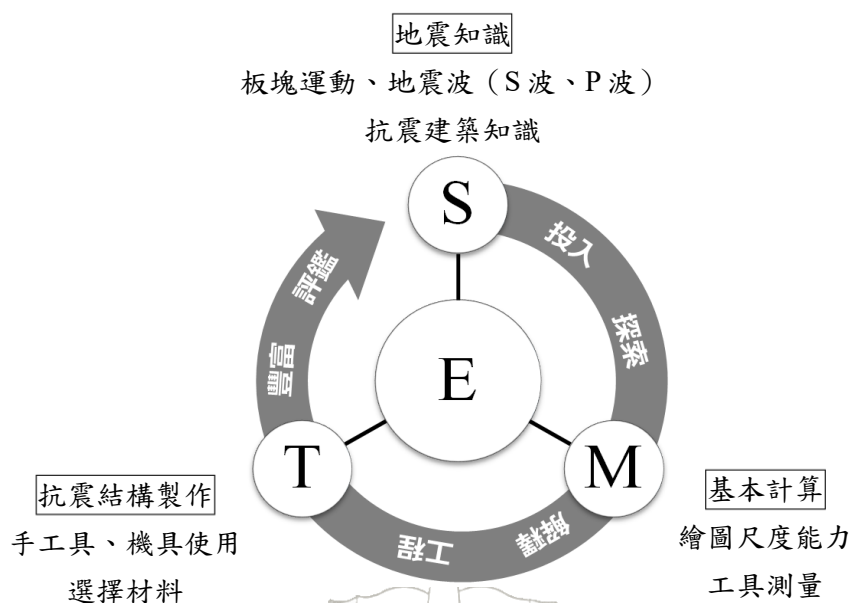


圖 3-4-2 抗震設計之 STEM-6E 概念圖

資料來源：研究者自行繪製

以下針對「抗震設計」教學活動，說明科學 (S)、科技 (T)、工程 (E)、數學 (M) 在此課程活動中，所使用到的知識內容，如表 3-4-5 所示：

表 3-4-5

抗震設計之 STEM 知識內容

STEM 領域	知識內容
科學 Science	<ul style="list-style-type: none"> • 認識地震形成的原因 (板塊運動) • 瞭解地震表達的方式 (規模及震度) • 認識地震波 (S 波、P 波)
科技 Technology	<ul style="list-style-type: none"> • 繪製抗震模型之設計圖 • 根據任務材料挑選適合的加工方式 • 使用基本手工具 • 實踐設計圖完成模型製作
工程 Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • 使用 6E 教學模式，引導學生設計歷程 • 結構的設計與預測分析 • 修正製作過程中所發生的問題並加以改良
數學 Mathematics	<ul style="list-style-type: none"> • 測量材料 • 計算模型長、寬、高尺寸

資料來源：研究者自行整理

(七) 抗震設計之 6E 教學流程

抗震設計之教學活動其 6E 工程序、教學內容及 STEM 對應領域，如

表 3-4-6 所示：

表 3-4-6

抗震設計之 6E 工程設計流程

週次	6E 程序	教學活動	STEM 領域
七 (12/10)	投入 Engage 、 探索 Explore	<ul style="list-style-type: none"> • 介紹建築的多樣性 • 認識建築材料 • 說明建築施工的流程 	科學 (S) 工程 (E)
八 (12/17)	投入 Engage 、 探索 Explore	<ul style="list-style-type: none"> • 認識地震工程 (包含：地震形成的主因、地震表達的方式、地震波等) • 講解抗震建築 • 說明制震及隔震系統 	科學 (S) 工程 (E)
九 (12/22)	解釋 Explain 、 工程 Engineer	<ul style="list-style-type: none"> • 界定問題 (任務說明) • 說明「抗震設計」之製作要點，如：材料規定、製作流程及抗震測試 • 各小組討論抗震模型之設計圖 • 謄寫紀錄單並記錄步驟 • 開始依設計圖實作，並檢視學生加工步驟與操作流程 	科技 (T) 數學 (M) 工程 (E)
十 (12/24) 補假	工程 Engineer 、 豐富 Enric	<ul style="list-style-type: none"> • 學生自行選用加工工具及選用材料，進行模型製作 • 進行造型美化及結構補強，豐富其作品的多樣性 	科技 (T) 數學 (M) 工程 (E)
十一 (1/7)	評鑑 Evaluate	<ul style="list-style-type: none"> • 進行抗震測試，看看哪一組的建築物沒有倒塌或損壞，並觀察其結構破壞的情形與受力狀況 • 完成課堂講義與紀錄單 • 檢核小組作品、學生紀錄單、分工紀錄等表現，由教師根據上述學習成果，給予評分 	科技 (T)

資料來源：研究者自行整理

貳、結構課程評量方式

本研究採用自編生活科技之結構課程進行實驗教學，而「生活科技」屬於實作性的課程性質，評量也應該聚焦於學生在製作過程中，所運用到技術與知識等科技素養。

科技教育注重手腦並用的實作學習，並兼顧學生的認知及實作能力的發展，應配合適切的評量方式（張玉山、游光昭、蕭佩如，2010）。而多元評量可以從多個角度、觀看一個人多面向的能力，避免產生單一評量的偏頗結果，且可以開展學生的多元智慧（李博宏、王薰巧，2004）。因此，本研究選擇採用多元評量檢視學生學習歷程與成長，呈現學生的學習表現。

本研究評量方式，如下表 3-4-7 所示：

表 3-4-7

STEM 結構課程所採用之評量方式

評量方式	內容項目
實作評量	模型製作、手工具操作與機具使用
檔案評量	課堂講義、紀錄單 (知識性填答、製作歷程紀錄、心得表現以及作品呈現)
另類評量	組內互評
動態評量	回饋單(前後測)

一、實作評量

科技教師依據學生完成工作任務的表現所進行的評量方式，可透過學生直接的操作或是學生的作品呈現來評量。

依據十二年國教科技領域的「做、用、想」作為課程核心的出發，實作評量在本研究中用以檢視學生對於「做」與「用」的能力展現，並搭配紀錄單進行實作的歷程紀錄。而檔案評量則以「想」作為依據，其紀錄單內容詳見附錄二。

以下針對「橋梁載重」與「抗震設計」教學單元，進行評量內容及配分方式說明：

表 3-4-8

STEM 結構課程之多元評量

單元	評量方式	層面	評量內容	計分方式	配分比例
橋梁載重	實作評量	做	製作成品實際效能 (載重比)	40%	40%
		用	設計圖繪製	20%	
	另類評量	想	材料清單	10%	40%
			使用工具	10%	
	檔案評量	想	在實作中 所感謝的組員及原因	5%	20%
			遇到困難及解決問題	5%	
抗震設計	實作評量	做	製作成品實際效能	20%	20%
		用	真實情境連結	20%	
			探究及分析問題	20%	
	另類評量	想	草圖繪製	20%	20%
			採用小組中哪位組員的草圖	5%	
			實作中自己負責了那些工作 與任務	5%	
檔案評量	想	製作反思	10%	20%	

二、檔案評量

檔案評量為一種多向度的評量方式，包含認知、技能、情意領域，也兼顧歷程與結果。本研究之檔案評量，除前述表 3-4-8 實作歷程記錄外，亦包含學生上課所使用之課堂講義（詳見附錄一），學生在課堂上所學習到知識填答、課後的資料蒐集及自行補充筆記等，均為檔案評量蒐集的重點。

三、另類評量

有別於傳統的評量實施方式，另類評量即是跳脫出固有的評量模式所作的評量，而學生互評即是一種。在橋梁載重課紀錄單中，以「一、在實作中我要感謝_____，原因：_____」占比 5%；而在抗震設計紀錄單中，以「一、我們採用小組中_____的草圖，因為：_____」以及「二、在這次實作過程中，我負責哪一些工作？作了哪一些事情？」占比 10%。在兩個課程紀錄單中，均可見另類評量使用（見表 3-4-8）。

四、動態評量

科技教育的動態評量，主要評估學生表現水準，並瞭解學生如何達到目前的水準及可能達到的水準（李博宏、王薰巧，2004）。本研究教師以「前測—教學—後測」的形式，在教學實驗活動前後，針對於學生施以回饋單填答，探討國中生接受 STEM—6E 結構課程前後的學習表現。（詳見附錄二、三）

在本研究回饋單設計參考陳慶宏（2018）應用橡皮筋動力車推動偏鄉國小 STEAM 課程之研究中的前後測回饋問卷。利用布魯姆（Bloom）的認知、情意、技能三個層面，依據前述的教學目標設計選項，將 STEM 結構課程中所運用之科學、科技、工程知識列入「認知」領域；合作學習、溝通互動及解決問題的能力列入「情意」領域，將數學測量、科技的動手實作及工具使用等操作列入「技能」領域。並採用 Likert 五等量表，進行評估，分成「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」五個等級。藉以瞭解學生的先備知識和參與課程後的實際成長。

表 3-4-9

STEM 結構課程回饋單—前測

類別	題目
認知	1. 我能分辨應力的種類。
	2. 我知道應力在日常生活周遭的運用。
	3. 我知道基本元件（桿、梁、柱）在橋梁中的對應位置。
	4. 我學習到最穩定的結構。
	5. 我知道橋梁的種類與特性。
	6. 我學習到建築材料與建築施工的流程。
	7. 我知道地震波（S 波、P 波）的分別。
	8. 我清楚瞭解地震表達的方式（規模與震度）。
	9. 我知道地震所帶來的災害。
	10. 我知道不良建築的缺點。
	11. 我學習到了制震與隔震系統。
情意	12. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。
	13. 遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力。
	14. 我從課程中獲得興趣與信心。
	15. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。

（續下頁）

表 3-4-9
STEM 結構課程回饋單—前測 (續)

類別	題目
技能	16. 課程使我學會利用量測工具進行量測。
	17. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。
	18. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。

表 3-4-10
STEM 結構課程回饋單—後測

類別	題目
認知	1. 我能分辨應力的種類。
	2. 我知道應力在日常生活周遭的運用。
	3. 我知道基本元件 (桿、梁、柱) 在橋梁中的對應位置。
	4. 我學習到最穩定的結構。
	5. 我知道橋梁的種類與特性。
	6. 我學習到建築材料與建築施工的流程。
	7. 我知道地震波 (S 波、P 波) 的分別。
	8. 我清楚瞭解地震表達的方式 (規模與震度)。
	9. 我知道地震所帶來的災害。
	10. 我知道不良建築的缺點。
	11. 我學習到了制震與隔震系統。
情意	12. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。
	13. 遇到困難時, 我能找到問題並修正、解決, 提升自我能力。
	14. 我從課程中獲得興趣與信心。
技能	15. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。
	16. 課程使我學會利用量測工具進行量測。
	17. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。
	18. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。

- 一、在生活科技結構課程 (橋梁及抗震設計) 中, 我學習到哪些東西?
 二、在實作過程 (橋梁及抗震設計) 中, 有遇到哪些困難及有趣的事情?
 三、說說看你喜歡這樣的課程嗎? 為什麼?

第五節 資料蒐集與分析

本研究旨在探討國中生透過 STEM-6E 模式學習結構課程，從學生在課堂的知識習得、數學能力的運用、動手實作以及解決問題的歷程，檢視學生在課堂的思維改變與技能的提升。在實驗活動進行過程中，記錄學生所遇到的困難及回饋；而教師則進行教學上的反思及課程實施情況的評估。因此，在過程中所蒐集到的靜態與動態紀錄，皆為探討的研究資料。本節研究資料針對研究資料的蒐集及編碼進行說明：

壹、資料蒐集及編碼

本研究採用質性描述來說明研究資料，分別為：學生部分—課堂講義、紀錄單、回饋單及訪談紀錄；研究者部分—教學錄影錄音及教學省思札記等資料；協同者部分—協同者對談資料，綜合上述資料予以編碼、分析整合歸納，其說明如下：

一、學生部分

- (一) **課堂講義**：以建構學生瞭解課程內容與教學目標所設計之自編教材。其內容包含課程重點整理與知識性填空，以作為學生實作前先備知識的建立與真實世界的連結。編碼方式為「課」加上紀錄日期。例如：編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日完成之課堂講義，編碼為「課-20181203-N」。
- (二) **紀錄單**：在課程實施中，協助學生瞭解課程內容，並以課程活動為主體所設計之自編教材。其中包含知識性填空、組員的合作討論，以及每次實作完成後紀錄所使用工具及加工步驟。以作為學生實作修正及重點歸納比較的形成性評量依據。編碼方式為「紀」加上紀錄日期。例如：編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所寫之紀錄單，編碼為「紀-20181203-N」。
- (三) **回饋單**：在課程實施告一段落後請學生填寫。其內容包含自評表

與開放性回饋心得書寫。編碼方式為「饋」加上紀錄日期。例如：編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所完成之回饋單，編碼為「饋-20181203-N」。

- (四) **訪談紀錄**：採非正式訪談，於課程實施後進行，目的在於瞭解學生對於課程更為深層的想法，訪談期間不做任何錄影，並於學生接受完訪談後再書寫成紀錄。編碼方式為「訪」加上紀錄日期。例如：編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所做的非正式訪談，編碼為「訪-20181203-N」。

表 3-5-1

學生資料編碼說明

項目	編碼	說明
課堂講義	課-20181203-N	編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所完成課堂講義。
紀錄單	紀-20181203-N	編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所寫之紀錄單。
回饋單	饋-20181203-N	編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所完成之回饋單。
訪談紀錄	訪-20181203-N	編號 N 學生在 2018 年 12 月 3 日所做的非正式訪談。

二、研究者部分

- (一) **教學錄影錄音**：內容為教學的課堂錄影，記錄學生與教師的課堂互動以實作現場的狀況，目的在於呈現課程實施的面貌。其編碼方式為「錄」加上紀錄日期。例如：在 2018 年 12 月 10 日的課程錄影，編碼形式為「錄-20181210」。錄音文字稿呈現方式，以「S」表示學生；「T」表示老師。
- (二) **教師省思札記**：教學省思札記是研究者針對課學生課堂情形、教學過程以及觀察學生反應的紀錄。此外，研究者對於課程設計、教材規劃以及實施過程中的自我反思也一併記錄於此。目的在於幫助研究者省思整體的教學流程，並適時地修正教學策略，提升教師專業成長。其編碼方式為「省」加上紀錄日期。例如：在 2018 年 12 月 10 日的省思札記，編碼形式為「省-20181210」。

表 3-5-2

研究者資料編碼說明

項目	編碼	說明
教學錄影錄音	錄-20181210	研究者在 2018 年 12 月 10 日的課程錄影錄音。
教師省思札記	省-20181210	研究者在 2018 年 12 月 10 日針對學生和自身教學的教學省思。

三、協同者部分

研究者從研究主題的擬定與課程的設計到課程的實施階段，皆和指導教授及協同教師等專家討論。並藉由晤談、詢問及溝通，聽取其建議，進行課程修正與課程規劃的調整。其編碼方式指導教授以「授」再加上日期；專家李老師以「李」後再加上紀錄日期；協同吳老師以「吳」後再加上紀錄日期。例如：在 2018 年 9 月 1 日與指導教授討論研究方向，編碼記錄為「授-20180901」。

表 3-5-3

協同者資料編碼說明

協同者	編碼	說明
指導教授	授-20180901	在 2018 年 9 月 1 日與指導教授討論研究方向與課程規劃。
專家李老師	李-20181101	在 2018 年 11 月 1 日與李老師針對課程設計進行討論。
協同吳老師	吳-20181101	在 2018 年 11 月 1 日與吳老師針對課程設計進行討論。

貳、資料分析與三角檢核

一、資料分析

藉由錄影資料、逐字謄錄的軼事錄、工作現場的筆記、照片與不同行動者的不同觀點，以各種不同的理論，使用折衷統合的方法，將可闡明並促進所探究問題的深層理解（蔡清田，2007）。研究者把課程實施過程中，所蒐集到的各項資料，如：紀錄單、回饋單、訪談紀錄及教學札記……等，利用轉錄、編碼與分類，進行資料的歸納與分析。研究者在統整資料的過程中不斷的反思、審視與理解，將資料的結果忠實且客觀的呈現出來。

二、三角檢核

在 STEM-6E 結構課程中，研究者將蒐集到的學生資料（紀錄單、回饋單以及訪談紀錄）、教學錄影錄音檔、教師反思札記與協同教師及專家（教授）學者等資料三個面向，進行相互交叉檢核，力求呈現研究資料的完整與客觀驗證分析。透過蒐集不同的資料型態以及與專家學者的討論，降低研究者主觀的看法，漸少研究過程的勘誤率，提升研究資料的詮釋力。本研究資料的三角檢核，如圖 3-5-1 所示。

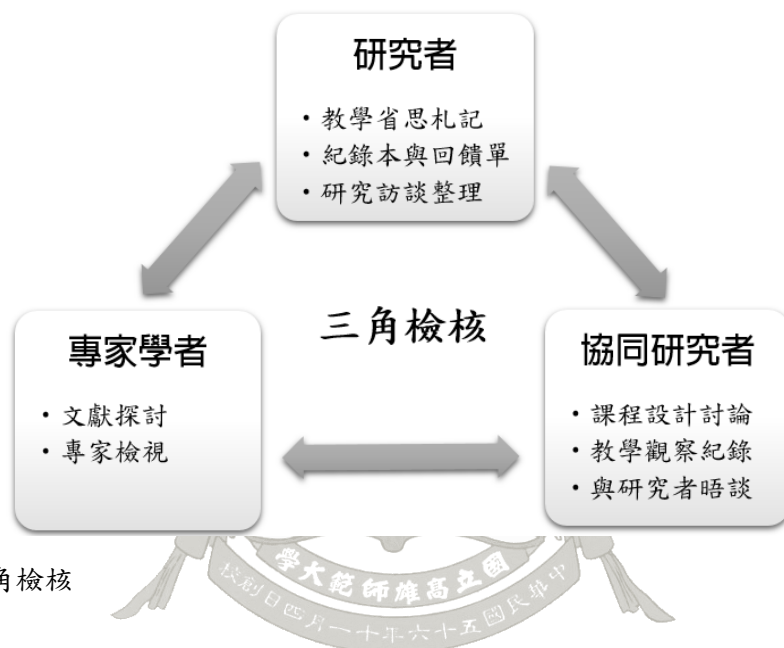


圖 3-5-1 三角檢核

參、質性研究的信效度探討

研究品質的良窳，取決於研究的信度與效度。質性研究所呈現的，並非量化研究所謂的客觀真實，亦不是數字計量的多寡或因果關係的推論驗證，而是主體間不斷互動的過程。因此，以下探討質性研究之信效度，說明本研究採取何種方式提昇研究品質。

一、研究效度之探討

質性研究的效度所指的是研究結果的真實性、有效性、準確性與可概括性，關注研究結果是否屬於因果關係（王文科，1999）。本研究在研究效度方面，採用以下方式呈現：

- (一) 實施教學研究期間，藉由紀錄單與小組成員的互動以及實際製作情形等做形成性評量。
- (二) 將教學反思札記、學生回饋單、紀錄單、訪談紀錄以及課程活動錄影與拍照等資料，詳細且具體的完整描述，用以判斷研究結果可遷移至其他相關研究使用之可行性。
- (三) 透過文獻探討的蒐集、專家學者討論以及研究者的個人省思等多方資料進行三角檢核，檢核研究過程與研究結論之可靠性，增加本研究之效度。

二、研究信度之探討

質性研究的信度是係指研究一致性以及一個研究可複製的程度，可以區分為內在信度與外在信度兩類。內在信度所指的是在相同的條件下，資料蒐集、分析，解釋的一致性程度；外在信度則是研究者可否複製研究問題，是否具有可信度。當研究者使用前一項的研究方法、條件，獲得相同結果（王文科，1999）。本研究以下列作法，提升研究信度。

(一) 內在信度

1. 與協同教師、教授等專家多方討論，期以幫助研究者在撰寫論文時，能以多方角度切入，概括整體研究，使論文更具完整性。
2. 在課程實施流程當中，詳實做好紀錄。如：教學省思札記、協同教師對談紀錄，以及利用攝影機協助紀錄課堂實作之情形等。
3. 透過學生撰寫之紀錄單、回饋單，以及觀察訪談紀錄等方式，多方蒐集資料，並忠實紀錄研究過程中研究對象的所有行為、反應與反饋意見等表現。
4. 使用三角檢核，利用不同的資料內容加以交叉比對，以檢核資料的準確性和有效性。

(二) 外在信度

1. 說明實驗研究學校的規模與教學環境，並敘述研驗對象的性質與限

制，以提供其他研究者進行比較之參考。

2. 廣泛閱讀 STEM 與十二年國教科技領域相關文獻，以檢視概念意義界定的正確性。
3. 隨時留心資料建立的正確性，並透過反覆審閱、檢查，以提升研究結果轉移的程度。
4. 研究者進行忠實的陳述，保持中立的立場，並時時記載在教師思札記中。在資料的分析的過程中，利用專家資料及文獻資料交叉比對，以求客觀正確。

肆、小結

在質性研究的資料蒐集與分析上，必須注意質性研究的信效度。質性研究有別於量化研究，若以量化的信效度觀點評斷質化研究顯然有失公允。誠如胡幼慧、姚美華（1996）所言，質性研究並非關注數字計量、普遍法則尋找或是因果關係推論驗證，而側重於社會事實的建構過程，以及被研究者在特有文化脈絡下的原始經驗和深度解釋。為此，本研究蒐集各項資料加以編碼、分析統整，利用三角檢核，降低研究者偏見，提高研究的可信度，使研究歷程更具嚴謹性、可靠性。

第四章 研究結果與討論

本研究採行動研究法，以 STEM-6E 運用於生活科技結構課程，結合實作活動，探討學生在接受教學活動後的學習表現，而研究者藉由課程的實施，修正課程教案，提升自我專業。本章節依研究結果進行討論分析，將其整理成三部分，加以說明，第一節討論 STEM-6E 結構課程發展的歷程，說明在課程的設計與實施中所遭遇的問題與解決方法；第二節為學習成果與學生回饋，探討學生在各面向的學習成長與表現；第三節為教學反思與專業成長，說明教師在課程中的教學成長。

第一節 STEM-6E 結構課程發展歷程

行動研究即是研究者不斷在課程中進行修正與反饋。從 STEM-6E 結構課程設計完成，直至開始實施之際，出現許多未預測的問題。本節依據 STEM-6E 結構課程發展歷程，依序探討教學活動所遇到的困境與解決的方式。

壹、課程設計與實施

以下針對研究者從教學活動的設計、規劃、修正，至實際教學期間的課程歷程發展，進行說明：

一、課程設計緣起

在未設定研究主題之前，研究者徬徨許久。在幾次指導教授面談中，提及自身想以教學現場做為研究方向，同時在研究所修習課業期間，接觸到了 STEM 的相關知識與概念。為此，與教授討論想將 STEM 的教學模式運用於國中生活科技教學，做為自己的研究題目。

國中階段進行跨領域整合，利用 STEM 將動手做結合，很不錯。既然有了研究方向，建議多去搜尋 STEM 相關的論文與期刊，研讀 STEM 教學的內容，試想如何設計規劃，以作為教學研究設計的參考。（授-20180718）

研讀完 STEM 相關資料後，與教授討論在國中端實施課程的內容，指導教授建議可以參考十二年國教的新課綱，設計相關的教學活動。研究者閱讀十二年國教綱要－科技領域（草案），生活科技在國民中學教育階段提及「機構與結構」的教學內容，期盼學生瞭解機構與結構的分析，以及機構與結構在生活上的應用等；加上在科技的本質的面向中，強調工程與科技、科學、數學、藝術等知識的統整應用，這與 STEM 的理念不謀而合。為此，研究者選定 STEM 模式融入生活科技課程教學。

在研究上，建議以「機構與結構」其中一者，進行課程規劃，否則容易因為主題過大，造成操作不易或課程失焦。 (授-20180826)

研究者接受指導教授的建議，從現行國中九年一貫教材，挑選了與結構相關的營建科技，做為研究主軸。並依據十二年國教（草案）科技領域生活科技之學習內容與學習表現，設計了兩個活動單元，分別為「橋梁載重」與「抗震設計」，進行跨領域的統整課程設計。

二、課程活動設計

(一) 選擇主題

在課程設計前，不忘審視研究對象所處的學習環境與教學環境，如：學生特質、教學場域及工具設備等，以作為決定主題的條件考量。並與李老師討論如何選定主題，進行課程設計：

可以利用現行教科書（九年一貫）作為主題的找尋相關的單元，這樣也比較有依歸。 (李-20180901)

因實施教學活動期間，教材仍處於九年一貫的尾聲。為此，在選擇主題部分挑選「營建科技」主題，進行 STEM－6E 課程設計。

(二) 設定目標

十二年國教在各學習領域皆有明確的課程目標。因此，本研究依照科

技領域-生活科技學習重點(包含學習表現與學習內容)作為課程設計之依據。並挑選營建科技中相關的結構內容作為教材的發展。為了不使課程架構偏離生活科技「做、用、想」的核心精神，教學目標依照認知、情意、技能三個層面進行設計，扣緊教學主軸。

1. 認知層面

- (1) 瞭解應力種類與應力在日常生活中的運用
- (2) 瞭解橋梁結構的類別、特性及優缺點
- (3) 認識地震帶來的災害
- (4) 瞭解建築材料與建築施工流程
- (5) 瞭解地震工程與不良建築的缺點
- (6) 認識制震與隔震系統

2. 情意層面

- (1) 與同學相互溝通、合作學習
- (2) 遇到困難時，能發現問題並設法修正、解決
- (3) 能對於自然、數學、科技與工程領域更有興趣

3. 技能層面

- (1) 學習如何運用測量工具進行量測
- (2) 學會運用不同材料及加工方式
- (3) 學會如何安全有效使用工具與操作技巧
- (4) 培養學生創造與設計的能力

(三) 課程發展

本研究的程發展，依照前述 STEM 相關文獻以及 6E 教學模式，進行課程設計與發展。張昀（2016）提及 6E 教學模式完整體現 STEM 中的科學本質、科技素養和工程設計思維的教學行為。研究者以「工程」為核心之 STEM 課程，輔以 6E 教學模式設計「橋梁載重」與「抗震結構」單元。

一個完善的統整課程，必須將科學、科技、工程和數學知識內容進行融合、重組，絕非單一學科的知識疊加。本研究透過 6E 工程設計流程，強化學科之間的連結，串聯起整個教學活動，透過投入、探索、解釋、工程

設計、豐富及評鑑的步驟，將科學原理、數學計算及科技製作融入在教學活動中，整體概念如圖 4-1-1 所示，領域與學科之間呈現一種動態變化，並依循 6E 的軌道運行，環繞著以「工程」為核心主體。

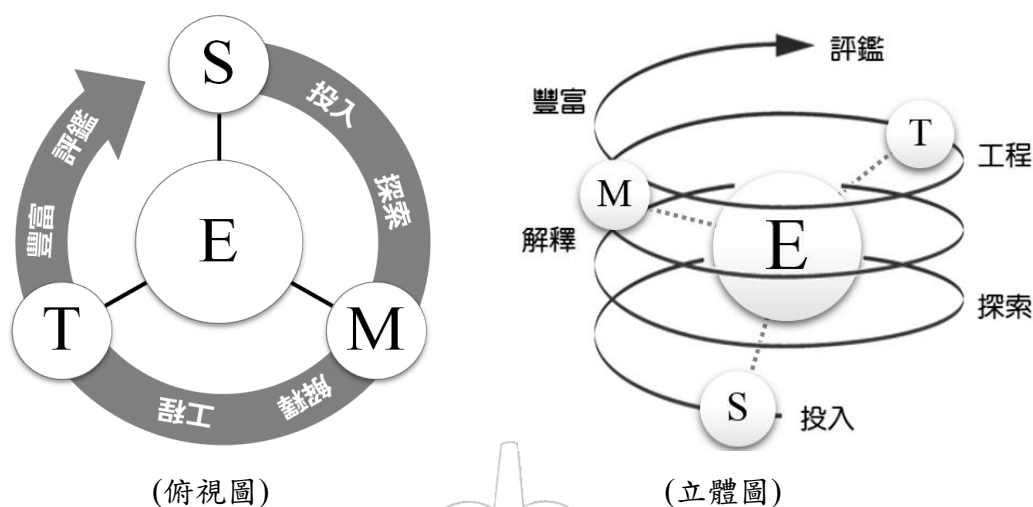


圖 4-1-1 STEM-6E 概念架構圖
資料來源：由研究者自行繪製

課程發展採系統化漸進教學，內容由淺入深，並適時給予引導與協助。結構課程先教導共同的結構基礎知識，前後進行「橋梁載重」與「抗震設計」單元，最後利用多元評量評定學生的學習成效。

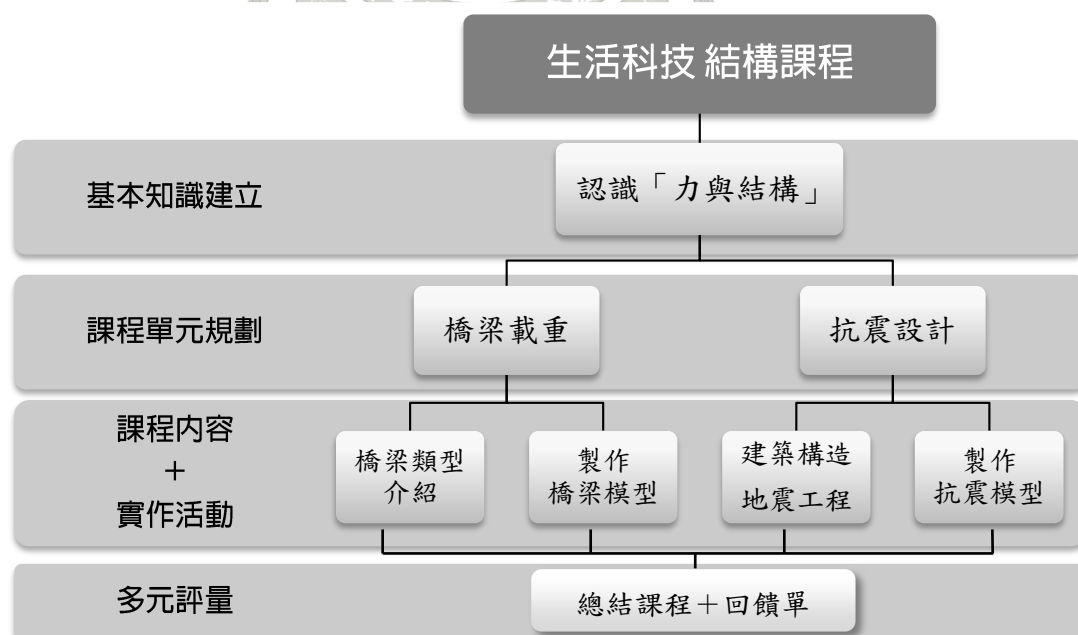


圖 4-1-2 STEM-6E 結構課程規劃架構圖
資料來源：由研究者自行繪製

(四) 統整與修正

經過題目選擇、目標設定以及課程發展後，接續進行課堂講義、紀錄單、回饋單及實作活動等設計與撰寫。並在課程實施過程中，與專家進行課程討論與意見諮詢，不斷修正與調整。其完整課程教材，詳見附錄一。

貳、問題解決歷程

問題解決的歷程依據 STEM-6E 結構課程所設計之「橋梁載重」與「抗震設計」兩個單元，進行討論與說明：

一、橋梁載重

(一) 學生在橋梁發想階段較無頭緒

在橋梁製作前，必須繪製草圖。待教師檢查後才可以領取橋梁材料，學生在課程中表示：

S34：設計圖很難畫。(錄-20181115)

S40：要怎麼要才能讓橋梁的結構穩固，還有用什麼方式黏著。(錄-20181115)

S55：不知道要怎麼設計橋才能牢固。(錄-20181115)

在發想階段，學生較無具體想法，不知從何下手。教師從旁引導同學可從課堂上學到的橋樑類型作為出發點，也有部分學生從自身舊有經驗進行發想。

(二) 設計與真實製作有落差

實作活動有助於學生將理論與實務結合，學生發現自己在紙上所設計的圖未必可能如實的製作。

畫設計圖的時候比例會不對，又要重畫。大家都很渴求木頭，所以出現拾荒或是翻垃圾桶的人。(紀-20181203-47)

在製作橋梁的過程中木材不夠，所以成品和想像中有些差異。

(紀-20181203-45)

畫出來的設計圖不一定是自己能做出來的。

(紀-20181203-72)

遇到材料長度不夠，然後想像中的橋梁與現實的橋梁不一樣。

(紀-20181203-26)

我們這一組在過程中，發生材料不夠的問題。但在組員積極尋找下，解決了這個問題。

(紀-2018120352)

學生的設計圖缺乏材料長度消耗的概念，導致成品與設計圖有差異。

學生也有克服材料不足的困難，從地上或向其他組別央求材料，展現團隊合作的能力；也有小組選擇重新修正設計圖，再行製作。

(三) 加工技巧不純熟

少部分學生在加工技巧上，仍有待加強。如：量測工具的測量、線鋸機的鋸切、熱熔膠的使用等。學生在紀錄單中反映遇到的困難如下：

計算長度較麻煩。(紀-20181203-21)

每次測量的時候都量不準。(紀-20181203-83)

切木頭切不好。(紀-20181203-13)

橋差一點被鋸斷，但還算可以補救的情況。(紀-20181203-35)

製作橋梁時，為了黏上三角形的結構，必須將木條切割，有些地方太小，導致木條無法切到準確的長度，黏上去也是一大困難。

(紀-20181203-51)

被熱熔膠燙到。(紀-20181203-08)

有時候很難黏，會跑掉，有時切不準。(紀-20181203-76)

黏熱熔膠一直黏到自己。(紀-20181203-73)

此現象也與協同吳教師討論，其反應如下：

現代的小孩缺乏動手實作的機會，相對於工具的使用也比較陌生。只要留意避免學生受傷，讓他們多嘗試也不錯。(吳-20181204)

由於學生較無實作的經驗，對於工具也較不上手。而學生經過幾次操作後，研究者發現學生的操作能力明顯提升，這也是實作活動中期待的學習成長。

(四) 少數組員不願意配合幫忙

由於實作活動採小組方式進行橋梁製作，學生之間出現不幫忙及組員不願意合作的情形。

有人不幫忙，有不會的部分沒人幫忙，很無助。(紀-20181203-14)

小組有人不配合。(紀-20181203-27)

教師也在反思札記中寫到：

小組合作本來就會出現組員無法好好互助的情形，針對不同的主題，個體就會出現歧異的意見；再者，這也是學生必須學習的課題。

(省-20181203)

小組合作本來就不易，為了使小組能發揮其合作的效能，教師解決方式是在實作任務中不斷強調團隊的重要性，並適度的給予意見各小組成員分派的工作建議。比如：誰繪畫天分不錯，就負責繪製設計圖；誰對於操作機具有興趣，誰負責鋸切；誰可以負責黏接？.....等建議，學生大多都能接受工作的分配，且各小組均完成橋梁模型。

二、抗震設計

(一) 材料易脆，提升加工難度

抗震設計中，採用脆弱的義大利麵作為主體材料，許多學生反應增加了製作的難度。而材料的規畫，是教師在設計課程活動中所採取任務策略，因此，學生必須製作良好的結構模型，才能抵禦強震。

S61：力道過大，義大利麵就斷了。我們共斷了三根。(錄-20181222)

S60：義大利麵一直斷。(錄-20181222)

(二) 黏接不確實導致模型倒塌

利用熱熔膠黏接義大利麵對於學生而言，製作較為困難。但學生也間接從實作中發現若沒有確實黏結好關節處，容易造成模型倒塌或是結構不牢固的情形，並於紀錄單中提及：

有時熱熔膠沒有黏好，導致建築不穩固。 (紀-20190107-62)

做抗震房子時，我覺得把麵條黏起來最困難。 (紀-20190107-16)

柱子黏歪。 (紀-20190107-18)

在課程中與學生的對話中：

T：你覺得用熱熔膠黏義大利麵困難嗎？

S2：老師，超難的！而且義大利麵沒有黏好，感覺整個建築物就鬆垮垮的。

T：是阿，這就跟蓋房子一樣，若沒有好的施工工法，就讓人住的不安心！

S2：對耶！感覺就是那種海砂屋或是柱子裡塞沙拉油桶的不良建築。

T：那就是不良結構的建築！

(錄-20181224)

從訪談中，發現學生將實作歷程與真實情境進行連結。學生在製作時，所遇到的困難，遷移至真實世界不肖建商蓋房子的不良建築。由此可見，在實作歷程黏接不確實所造成模型倒塌，也間接讓學生思考結構在真實世界的重要性。

(三) 抗震模型超過重量限制

學生在製作時忽略比賽限制，導致抗震模型超出指定重量。

我們的建築太重了。 (紀-20190107-1)

為使比賽公平，教師已請該組將總重量進行調整，並重新測量整體重量，檢驗是否符合比賽限制。

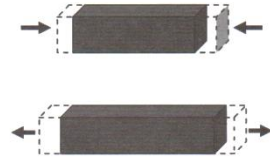
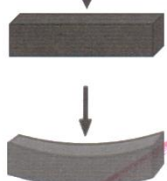
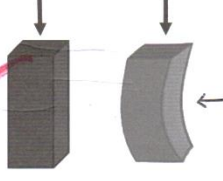
參、小結

從實作活動中，可以觀察到學生對於手工具的運用尚不成熟，但經過幾次操作練習，學生逐漸掌握使用工具的技巧，對於動手實作不再陌生。學生在製作過程中所發生的困難，皆可作為問題解決的學習課題，教師不要著急給答案，應從旁協助、引導學生如何想辦法解決，給予建議及方向。當各種狀況得到了改善與克服，學生也達到了學習目標。



(二) 基本元件

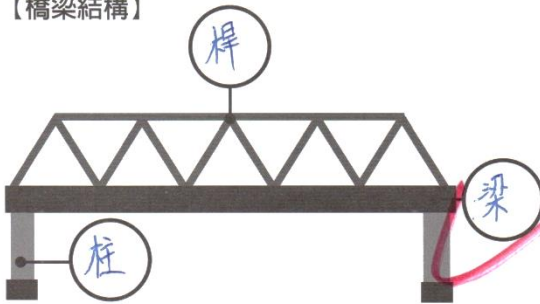
生活周遭常見的的房屋、車子行駛的道路、上課的學校、蓄水的水庫等**結構體**，通常是由「**桿**」、「**梁**」與「**柱**」三種元件所構成，不同的元件可以承受不同的應力：

	桿	梁	柱
圖示			
說明	可承受(拉)力與(壓)力	可承受(彎矩)	可承受(壓)力與(彎矩)

🕒 換你動動腦

分析結構體，必須找出複雜的結構體中的基本元件。而橋梁、房屋最容易觀察到這些元件的使用，請將你所學到的「**桿**」、「**梁**」與「**柱**」，填入圖國中：

【橋梁結構】



【知識小百科】何謂「載重」？

名稱	活載重	靜載重
說明	火車、汽車等車輛與行人，行駛在橋樑時所產生的重量。	橋梁本身結構重量。

【房屋結構】

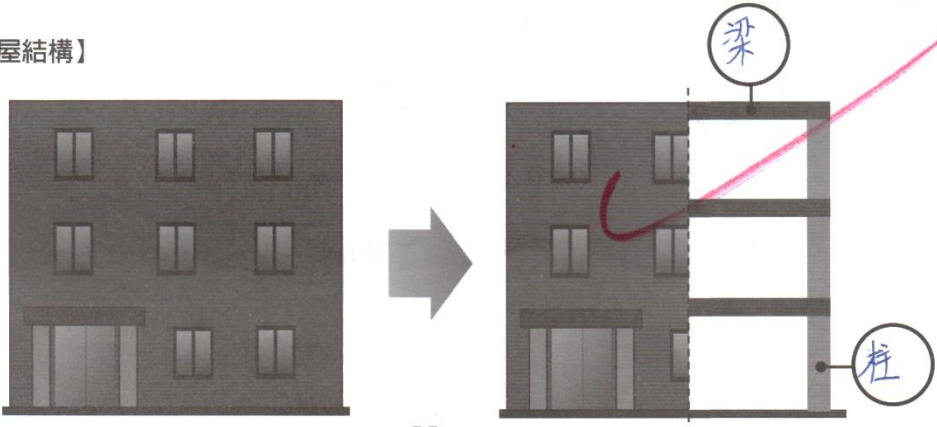





圖 4-2-3 學生課堂講義填寫情形(三)

上圖課堂講義填寫的情形，學生均能在相對應的空格中，填入正確的答案。可觀察圖 4-2-1，學生將上課所老師所提之例子與同學搶答舉例的重要內容備註在講義上，展現學生努力、自主、求知的精神。

結構

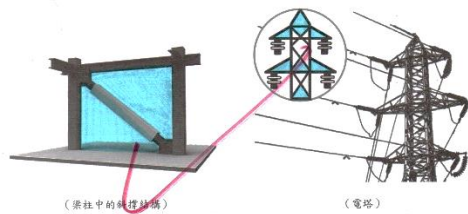
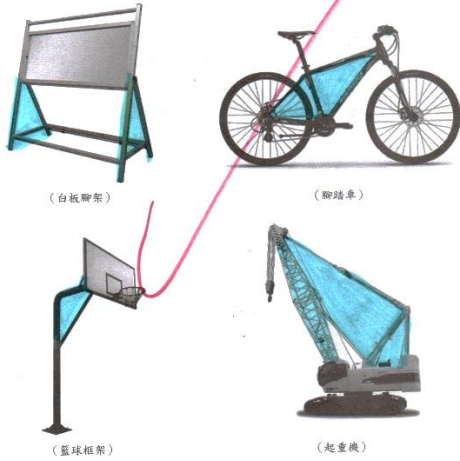
「結構」與我們日常生活習習相關，其廣泛運用在橋梁、房屋、道路及陸運等建築體上。而探討結構於外在環境因素下所造成的受力、形變等結構行為，又稱為「結構學」。

【動腦時間】 請依照你的觀察，圈出哪一種結構最為穩定呢？為什麼？

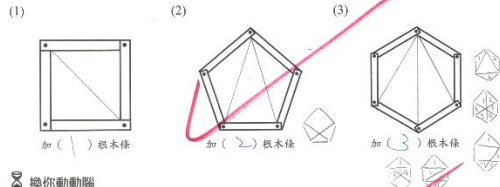
Ⓐ 三角形  Ⓑ 四邊形  Ⓒ 多邊形 

(一) 結構練習

觀察結構 請你判斷下列日常用品及設施，並利用色筆/螢光筆將其穩定的結構畫出來：



結構補強 請在下列木條框架中，畫出所指定數量之任意長度木條，使其框架的形狀穩定。



換你動動腦

請你舉出日常生活週遭所使用的穩定結構(三角形結構)，並将它記錄在下表：

- 我觀察到：廣告刊版攝影腳架
- 結構外觀：請將「穩定結構」的部分，用特殊顏色的筆或記號標記出來，並輔以文字說明



圖 4-2-4 學生課堂講義填寫情形(四)

在結構教學中，學生必須從講義的圖示中找尋穩定結構，並加以圈選、著色。透過這樣的課程引導，目的在於讓學生察覺生活中結構的使用。此外，也請學生思考日常周遭還有哪些結構的展現？而學生也展現良好的觀察能力，蒐集了許多真實世界中結構資料(如圖 4-2-5、圖 4-2-6 及圖 4-2-7)，非常用心。

換你動動腦

請你舉出日常生活週遭所使用的穩定結構(三角形結構)，並将它記錄在下表：

- 我觀察到：屋頂 *great! 讚+3*
- 結構外觀：請將「穩定結構」的部分，用特殊顏色的筆或記號標記出來，並輔以文字說明



圖 4-2-5 學生課堂講義填寫情形(五)

🕒 換你動動腦

請你舉出日常生活周遭所使用的穩定結構（三角形結構），並将它記錄在下表：

■ 我觀察到：洗手台

■ 結構外觀：請將「穩定結構」的部分，用特殊顏色的筆或記號標記出來，並輔以文字說明



圖 4-2-6 學生課堂講義填寫情形(六)

🕒 換你動動腦

請你舉出日常生活周遭所使用的穩定結構（三角形結構），並将它記錄在下表：

■ 我觀察到：1.洗手槽旁支撐的架子 2.掛小黑板的鉤子

■ 結構外觀：3.層板 4.手機架 5.相機腳架，請將「穩定結構」的部分，用特殊顏色的筆或記號標記出來，並輔以文字說明

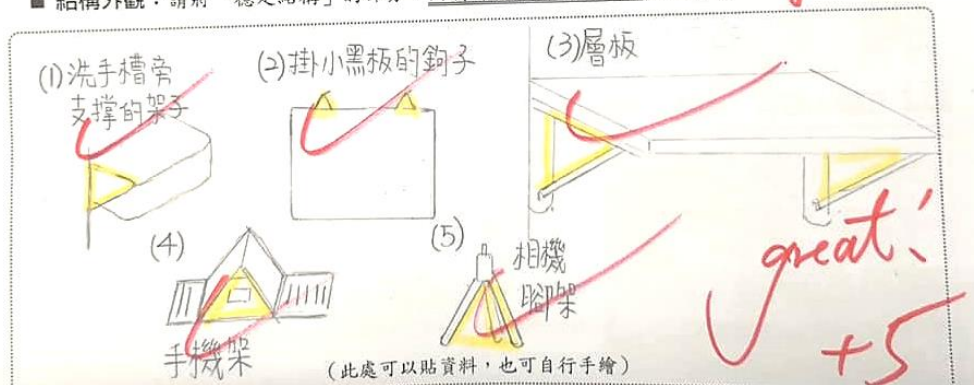


圖 4-2-7 學生課堂講義填寫情形(七)

協同吳教師也讚許課堂講義的編排與設計，能有有效引導學生建立清楚的知識概念：

課堂講義的內容清晰明瞭，教師上課時利用多媒體簡報及板書，講解內容，建立學生在實作前的知識，很棒！感覺學生可以知道實作內容與知識之間的關聯性，這樣上生科課很紮實。（吳-20181204）

自己也在教師札記裡寫到：

良好的講義設計，有助於學生學習。（省-20181204）

二、紀錄單可以釐清學生在工具的使用及設計規畫

學生在實作過程中能夠逐步記錄所使用的材料以及工具的用途，並透過實際的操作，瞭解各項手工工具使用的方式。而紀錄單的草圖繪製，有助於學生在小組討論時有效地和組員溝通，釐清製作的方向與設計樣式。

一、設計圖

二、材料清單

項目	材料	規格	數量
1	木頭	9cm	5
2			
3			
4			
5			
6			

三、使用工具

項目	工具名稱	用途
1	砂紙	磨平木頭
2	鑿木機	鑿木頭
3	直尺	量長度
4	熱熔膠	黏合木頭
5		
6		

圖 4-2-8 學生紀錄單撰寫情形 (一)

一、設計圖

二、材料清單

項目	材料	規格	數量
1	木條	0.3 x 0.3 x 90	5
2			
3			
4			
5			
6			

三、使用工具

項目	工具名稱	用途
1	熱熔膠	黏
2	砂紙	磨木條
3	直尺	測量
4	筆	畫線
5	報紙	放熱熔膠
6	鑿木機	裁木條

圖 4-2-9 學生紀錄單撰寫情形 (二)

三、透過競賽與加分機制，學生更勇於表達並投入課程

研究者發現在課堂上採取加分機制，有助於學生踴躍回答問題，強化學生課程的參與程度，亦可培養小組間融洽的氣氛。且透過小組競賽的方式，有助於燃起學生的學習鬥志。整體課程操作下來，學生都非常喜愛，表示課程

我覺得這樣的課程很不錯，因為有自己手做又有搶答拿分，可以換獎品。

(饋-20190114-37)

我喜歡這樣的課程，又很多實作和競賽，十分有趣。

(饋-20190114-44)

我非常喜歡這樣的上課方式(目前)，因為上課時後不會太緊，蠻自由的，但也不至於太寬鬆，而且老師人很 nice，會藉由舉手回答加分的方式，增加上課的趣味，我非常喜歡，老師讚！

(饋-20190114-67)



圖 4-2-10 學生實際競賽與上課搶答情形

四、實作活動中小組展現團隊合作的能力

藉由課堂觀察，研究者學生均展現良好的團隊合作能力。在橋梁與抗震的實作歷程中，有學生負責鋸切，有的忙著黏接，有的則是細心的撰寫著紀錄單，沒有同學閒下來，各個都像忙碌的生產線。整體而言，同學們均能各司其職，發揮團隊精神，互相合作。

製作過程十分辛苦，感謝組員合作無間的製作，我也體會到製作橋梁是一件困難的事情，過程中還可能被熱熔膠燙到，但也是一次寶貴的經驗。

(紀-20181203-15)

我認為我們的解決方案很不賴，能在兩節課內完成簡直是個奇蹟，有這些組員真的很好，大家都分工合作！努力把作品做好最完美。

(紀-20181203-30)

我學習到分組間的合作。

(紀-20190107-7)

應該要把動作加快，然後材料要記得。我在此學到了團結，因為有時候一個人沒用好，義大利麵就斷了，也可以從中考驗彼此的默契，很棒！很新鮮！

(紀-20190107-23)

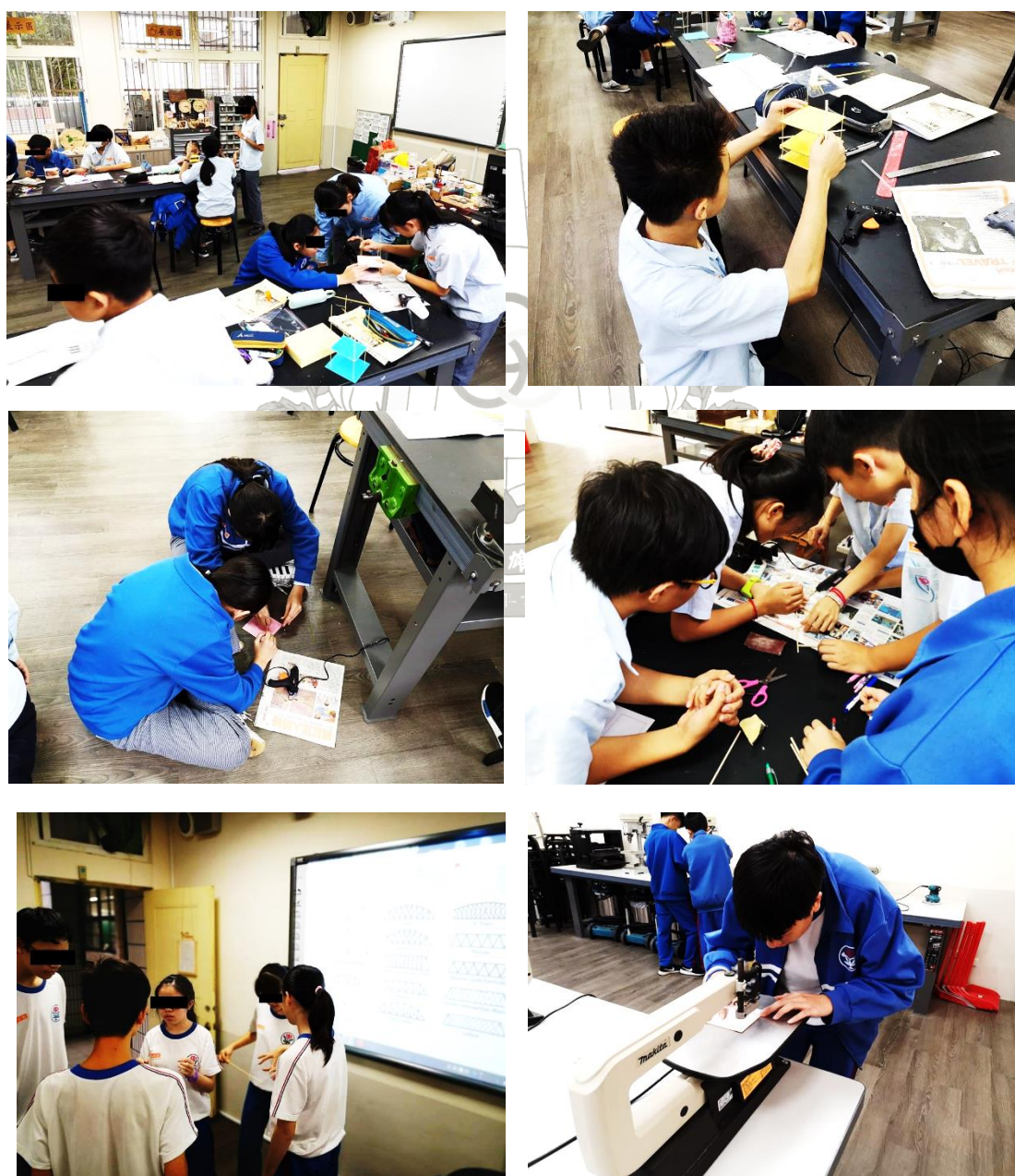


圖 4-2-11 實作活動中小組分工情形

五、實作作品呈現多元的樣貌，且富含創意性

在橋梁載重的作品中，學生展現了高度的創意，有拱橋、桁架橋、虹橋等不同結構的橋型（如圖 4-2-12 所示）；在抗震模型中，也運用了許多不同的媒材，比如：保麗龍球、紙板、吸管、彈簧、黏土等材料，進行外觀造型的製作（如圖 4-2-13 所示）。整體作品展現豐富且多元的樣貌。

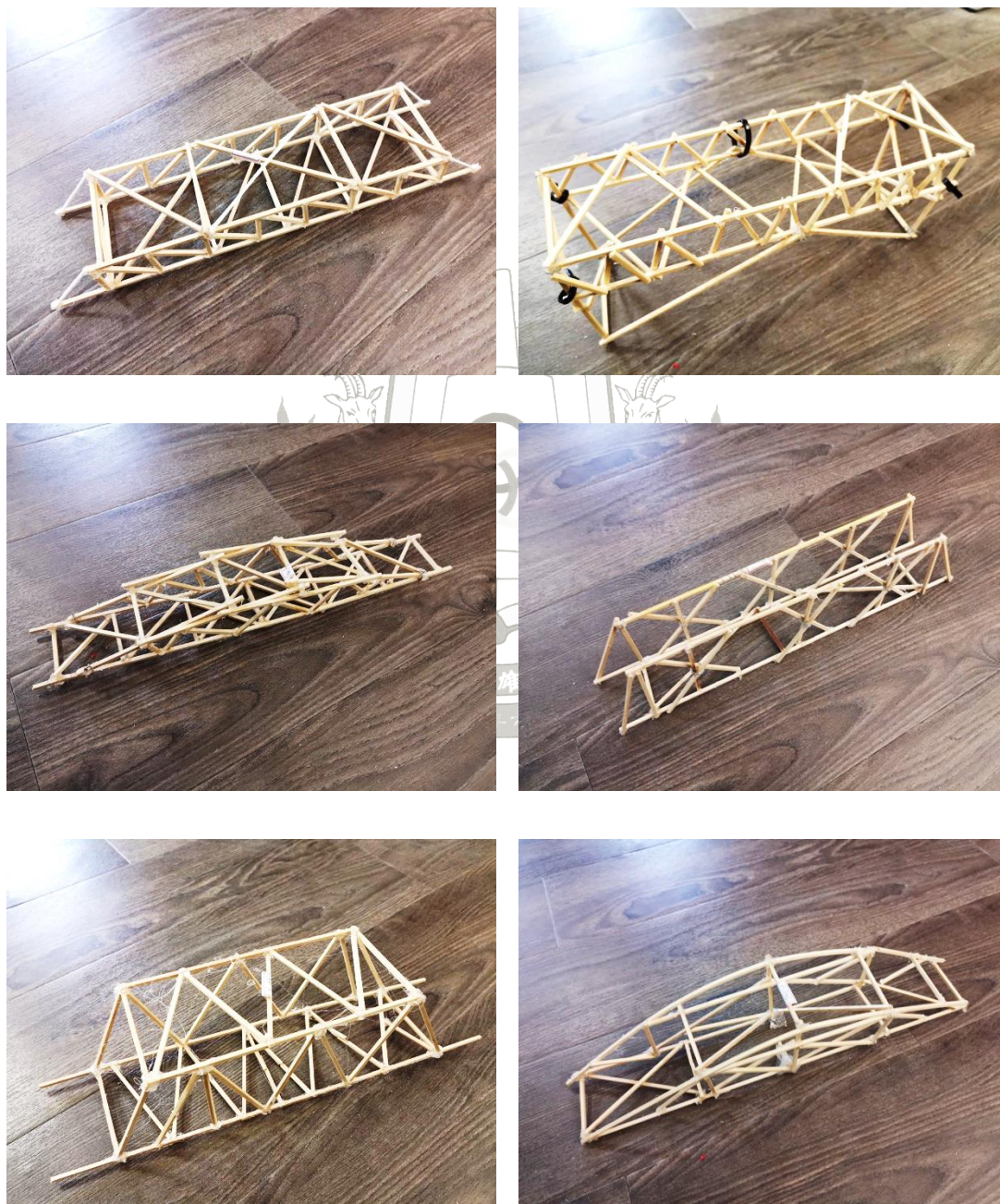


圖 4-2-12 橋梁載重作品展示

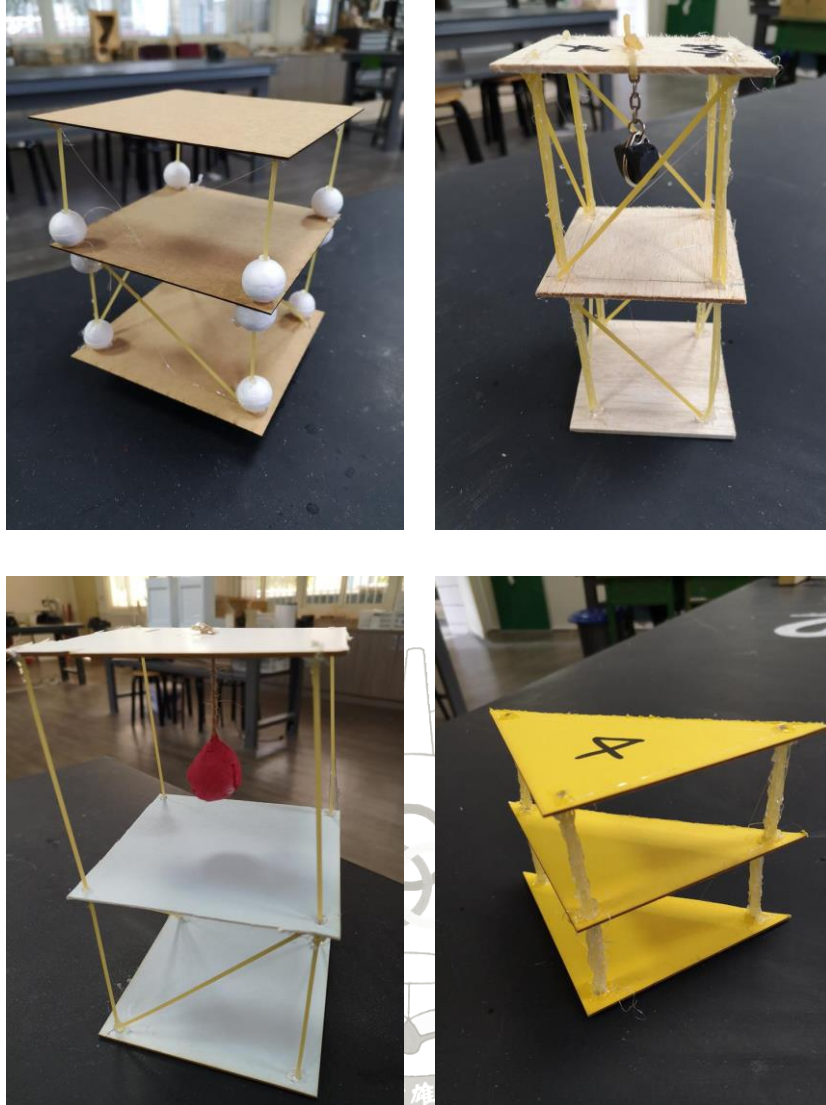


圖 4-2-13 抗震模型作品展示

課後教學者省思：

學生的作品都很有創意，且均有各自風格。透過 STEM-6E 結構課程，使學生的學習不在單一，而是更多元。看學生完成自己的作品，充滿成就的樣子，真的很開心！
(省-2018124)

六、學生在 STEM-6E 課程中展現良好的學習遷移

- (一) 研究者觀察學生橋梁及抗震模型，均有利用三角形作為基礎設計。
- 表示學生將結構課程中所學到的穩定結構概念，運用在實作模型上，並在回饋單上表示：

三角形可以使建築變穩定。(饋-20190114-65)

三角形的結構較抗震。(饋-20190114-3)

三角形最穩固。(饋-20190114-29)

最堅固的形狀是三角形，所以做橋梁多用此結構。

(饋-20190114-35)

(二) 在橋梁製作過程中，學生參考課堂上教師所教授的橋梁種類，或是利用自身經驗與小組討論橋梁形式。經由課堂觀察，有學生在實作中嘗試製作「知識小百科」中提及虹橋(圖 4-2-14)；也有小組同心協力彎折木條，製作拱橋；也有小組自己攜帶棉線，製作懸索橋……，將課堂上所習得知識，運用在自己的創作當中。

知識小百科 | 清明上河圖中的虹橋？

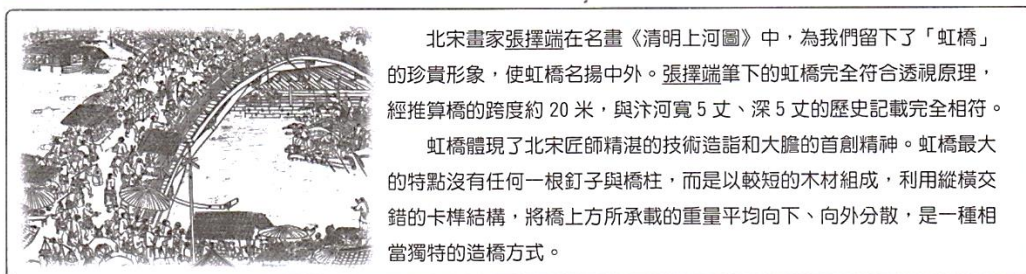


圖 4-2-14 課堂講義中補充資料-「知識小百科」

(三) 在抗震設計模型製作的歷程中，學生將課堂上所介紹的隔震與抗震系統融入自己的模型當中，比如：利用義大利麵模製作斜撐、利用吸管強化柱子、利用橡皮擦當作阻尼器、用紙彈簧製作隔震裝置、運用保麗龍球製作滾動式平台(如圖 4-2-15)，進行隔震。

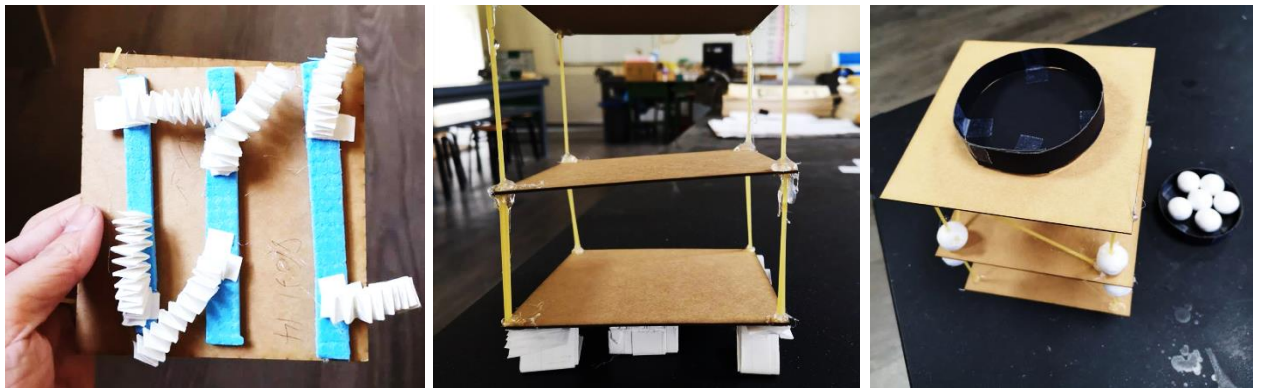


圖 4-2-15 紙彈簧隔震裝置與滾動式平台

貳、學生學習回饋

在 STEM-6E 結構課程實施前後，針對學生認知、情意及技能等面向進行問卷填答，藉以評估學生在學前的先備知識，以及教學活動後的學習成長。本研究針對八年級 83 位學生進行施測，採用 Likert 式五點量表，分為「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」，計為 5 分、4 分、3 分、2 分、1 分，進行統計分析。全面回收 83 份，統計結果依各面向分析，敘述如下：

一、前測分析

(一) 認知層面

在結構課程認知層面，採用 Likert 式五點量表計分，得分越高，表示對於結構的知識越豐富。經過統計分析後，如表 4-2-1。

表 4-2-1

回饋單分析(前測)－認知層面 N=83

題目	次數分配表(%)					平均數	標準差
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意		
1. 我能分辨應力的種類。	0.0%	0.0%	7.2%	3.6%	89.2%	1.18	0.544
2. 我知道應力在日常生活周遭的運用。	0.0%	0.0%	8.4%	4.8%	86.7%	1.22	0.585
3. 我知道基本元件(桿、梁、柱)在橋梁中的對應位置。	0.0%	0.0%	0.0%	14.5%	85.5%	1.14	0.354
4. 我學習到最穩定的結構。	1.2%	1.2%	2.4%	56.6%	38.6%	1.70	0.694
5. 我知道橋梁的種類與特性。	1.2%	2.4%	10.8%	54.2%	31.3%	1.88	0.787
6. 我學習到建築材料與建築施工的流程。	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	97.6%	1.02	0.154
7. 我知道地震波(S波、P波)的分別。	0.0%	0.0%	0.0%	9.6%	90.4%	1.10	0.297
8. 我清楚瞭解地震表達的方式(規模與震度)。	7.2%	9.6%	83.1%	0.0%	0.0%	3.24	0.576
9. 我知道地震所帶來的災害。	7.2%	61.4%	31.3%	0.0%	0.0%	3.76	0.576
10. 我知道不良建築的缺點。	0.0%	0.0%	63.9%	26.5%	9.6%	2.54	0.668
11. 我學習到了制震與隔震系統。	0.0%	0.0%	12.0%	6.0%	81.9%	1.30	0.676
整體						1.83	0.537

由上表可知，學生在結構課程認知層面上，前測平均得分為 1.83。在各題項中，以第 9 題「我知道地震所帶來的災害。」的得分為最高，平均數為 3.76。研究者推估可能由台灣教育從國小便開始進行防災教育，大部分的孩子對於地震防災的基本知識。其次，為第 8 題「我清楚瞭解地震表達的方式（規模與震度）。」，平均數為 3.24，推測這與學生平常接觸氣象新聞媒體有關。而第 1、2、3、4、5、6、7、10、11 題，平均數皆 ≤ 3 。顯示學生對結構課程認知程度明顯不足，須多加強化。

(二) 情意層面

在結構課程情意層面，注重學生的合作表現及解決問題的能力，其得分越高，表示態度越正向，經過統計分析後，學生在結構課程情意層面（前測）平均數與標準差，如表 4-2-2 所示。

表 4-2-2

回饋單分析（前測）—情意層面 N=83

題目	次數分配表(%)					平均數	標準差
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意		
12. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。	1.2%	2.4%	94.0%	2.4%	0.0%	3.02	0.311
13. 遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力。	0.0%	6.0%	85.5%	8.4%	0.0%	2.98	0.382
14. 我從課程中獲得興趣與信心。	0.0%	2.4%	10.8%	60.2%	26.5%	1.89	0.681
15. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。	0.0%	4.8%	20.5%	65.1%	9.6%	2.20	0.676
整 體						2.52	0.513

從上表可知，學生在結構課程情意層面（前測），整體平均數為 2.52。在各題項中，第 12 題「課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。」平均數為 3.02，是情意層面（前測）最高的題項，研究者推測學生在其他課程中，時常進行分組活動，因此對於組員的溝通與合作並不陌生。而第 14 題「我從課程中獲得興趣與信心。」平均數僅有 1.89，推估學生鮮少從課程中獲得自信與興趣。

(三) 技能層面

在結構課程技能層面，重視學生動手實作的技巧，如：工具使用、材料選用以及加工方式等，該面向得分越高，表示技能越高。經過統計分析後，如表 4-2-3 所示。

表 4-2-3

回饋單分析(前測)－技能層面 N=83

題目	次數分配表(%)					平均數	標準差
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意		
16. 課程使我學會利用量測工具進行量測。	1.2%	2.4%	96.4%	0.0%	0.0%	3.05	0.266
17. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。	0.0%	0.0%	0.0%	94.0%	6.0%	1.94	0.239
18. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。	2.4%	2.4%	84.3%	2.4%	8.4%	2.88	0.688
整 體						2.62	0.398

由表 4-2-3 得知，技能層面(前測)平均數為 2.62。最高平均數為第 16 題「課程使我學會利用量測工具進行量測。」研究者推估學生從國小階段到國中階段常使用到直尺、三角板等測量工具，導致該題項的平均數較高。「課程使我學習到不同的材料與加工方式。」平均數為 1.94；而在「課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。」僅有 4.8%同學對於持同意及非常同意的態度，顯示仍有少數的學生懂得有效使用工具、缺乏操作技巧。

二、後測分析

(一) 認知層面

由表 4-2-4 得知，學生在接受 STEM-6E 結構課程後，在認知層面均有所成長。第 1 題到第 11 題，平均分數為 4.37，且每一題皆落在 4.1~4.6 之間，表示學生對於結構課程的認知均在「同意」之上。而每一題的「同意」與「非常同意」加總皆大於 78%。整體來看，學生在進行完 STEM-6E 課程呈現正向的成長。

表 4-2-4

回饋單分析（後測）－認知層面 N=83

題目	次數分配表(%)					平均數	標準差
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意		
1. 我能分辨應力的種類。	32.5%	53.0%	14.5%	0.0%	0.0%	4.18	0.665
2. 我知道應力在日常生活周遭的運用。	36.1%	50.6%	12.0%	1.2%	0.0%	4.22	0.699
3. 我知道基本元件（桿、梁、柱）在橋梁中的對應位置。	47.0%	43.4%	9.6%	0.0%	0.0%	4.37	0.657
4. 我學習到最穩定的結構。	56.6%	32.5%	9.6%	1.2%	0.0%	4.45	0.720
5. 我知道橋梁的種類與特性。	44.6%	43.4%	12.0%	0.0%	0.0%	4.33	0.683
6. 我學習到建築材料與建築施工的流程。	39.8%	41.0%	18.1%	1.2%	0.0%	4.19	0.772
7. 我知道地震波（S波、P波）的分別。	56.6%	21.7%	20.5%	1.2%	0.0%	4.34	0.845
8. 我清楚瞭解地震表達的方式（規模與震度）。	55.4%	36.1%	8.4%	0.0%	0.0%	4.47	0.650
9. 我知道地震所帶來的災害。	68.7%	26.5%	4.8%	0.0%	0.0%	4.64	0.575
10. 我知道不良建築的缺點。	61.4%	33.7%	4.8%	0.0%	0.0%	4.57	0.588
11. 我學習到了制震與隔震系統。	43.4%	47.0%	9.6%	0.0%	0.0%	4.34	0.649
整體						4.37	0.682

(二) 情意層面

表 4-2-5 顯示學生在接受 STEM—6E 結構課程後的情意層面表現。相較於前測平均數：第 15 題「對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。」後測平均數為 3.73，且該題項「同意」與「非常同意」加總為 60.2%，表示多數的學生認為此活動可以提升對自然、數學、科技與工程領域的興趣；第 12 題「課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。」由前測平均數 3.02，提升至後測 4.45，也有顯著的成長；第 13 題「遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力」前測平均數為 2.98，後測平均數為 4.31，表示此課程有助於學生培養解決問題的能力；在前測較低的第 14 題「我從課程中獲得興趣與信心。」由前測平均數 1.89，提升至後測 4.12，也有明顯的增幅，說明 STEM—6E 結構課程有助於提升學生的興趣與信心。

表 4-2-5

回饋單分析（後測）－情意層面 N=83

題目	次數分配表(%)					平均數	標準差
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意		
12. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。	54.2%	37.3%	7.2%	1.2%	0.0%	4.45	0.685
13. 遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力。	45.8%	41.0%	12.0%	1.2%	0.0%	4.31	0.731
14. 我從課程中獲得興趣與信心。	42.2%	32.5%	20.5%	4.8%	0.0%	4.12	0.903
15. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。	25.3%	34.9%	28.9%	9.6%	1.2%	3.73	0.989
整 體						4.15	0.827

（三）技能層面

由表 4-2-6 可知，學生在接受 STEM-6E 結構課程後的技能表現。其後測平均數為 4.46，各個題項在「同意」及「非常同意」的加總皆大於 90%，表示學生透過此項教學活動後，對於材料的選用、工具的操作以及量測，均有顯著的提升。

表 4-2-6

回饋單分析（後測）－技能層面 N=83

題目	次數分配表(%)					平均數	標準差
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意		
16. 課程使我學會利用量測工具進行量測。	48.2%	45.8%	6.0%	0.0%	0.0%	4.42	0.607
17. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。	50.6%	42.2%	7.2%	0.0%	0.0%	4.43	0.628
18. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。	57.8%	36.1%	6.0%	0.0%	0.0%	4.52	0.612
整 體						4.46	0.616

（四）學生回饋

學生回饋採開放性問答，第一題「在生活科技結構課程中（橋梁及抗震設計）中，我學習到了哪些東西？」，第二題「在實作過程（橋梁及抗震設計）中，有遇到哪些困難及有趣的事情？」，以及第三題「說說看你喜歡

這樣的課程嗎？為什麼？」。共有 83 位學生作答，以下節錄學生回饋，見表 4-2-7。

表 4-2-7

回饋單分析（後測）－學生回饋統整表

題目	開放性回饋
	如何製作模型。 (饋-20190114-24)
	橋梁有許多是三角形，是因為這比較穩固，抗震設計讓我 知道阻尼器是利用慣性作用吸收晃動能量。 (饋-20190114-32)
	利用穩定的結構來製作橋梁，以後該如何挑房子住比較安全 (饋-20190114-43)
	橋梁分三種，拉,壓,剪,扭,彎矩的應用，結構為△最穩固 (饋-20190114-46)
	橋梁的結構、選擇房子的秘訣、地震的災害、團隊合作 瞭解規模與震度 (饋-20190114-50)
	我學習到製作橋時，可以多多利用三角形來穩固橋梁 還有同學間要互相合作，不用因為輸了比賽而互相責怪 (饋-20190114-52)
	1.三角形的結構是最穩固的 2.□、T、L、H字型的建築都較危險。 (饋-20190114-51)
一、在生活科技結構課程中（橋梁及抗震設計）中，我學習到了哪些東西？	如何做出堅固的橋梁(模型)、找好買房子 地震的知識、制震與隔震系統 (饋-20190114-54)
	我學習到抗震的結構，學到了實作橋，瞭解它內部構造， 也應用在生活當中，對我們很有幫助。 (饋-20190114-55)
	應力與如何抗震。 (饋-20190114-61)
	S 波與 P 波的差別。 (饋-20190114-60)
	橋梁與抗震設計多採用三角型的結構方式 能夠增加穩固，不只如此，盡量要用相等相對的結構 避免不規則形更好！ (饋-20190114-67)
	橋梁的種類，以及它的設計理念。 在抗震設計中，我清楚瞭解到不良建築形式，以及在摩天大 樓中做抗震預防 (饋-20190114-78)
	分工與合作，要用心參與課程內容。 (饋-20190114-80)
	怎麼樣的結構最穩定、最抗震，承載最多東西。 (饋-20190114-81)

(續下頁)

表 4-2-7

回饋單分析（後測）－學生回饋統整表（續）

題目	開放性回饋
	困：就是在做的表情是愉悅的 趣：橋差一點就斷掉了，幸好同組的組員即時補救 （饋-20190114-30）
	困：一開始想不到怎麼設計能使建築更穩固 趣：可以和同學一起動手做作品 （饋-20190114-32）
	有趣：割木頭 困難：黏起來固定 （饋-20190114-33）
	困難：要把每一根木棒的尺寸量精準，不然在製作橋會容易損壞 有趣：小組討論的時候 （饋-20190114-36）
	可以在橋上增加自我特色，所以還蠻有趣的，但要先分配好木頭的長度，計算的剛剛好很難 （饋-20190114-37）
	困難：要怎麼樣能讓橋梁的結構很穩固，還有用什麼方式黏著 有趣：聽每個人的意見去調整，這樣才不會有失公正 （饋-20190114-40）
二、在實作過程（橋梁及抗震設計）中，有遇到哪些困難及有趣的事情？	1.剛開始握們這組對於要做虹橋，要它穩固毫無頭緒 2.每當橋斷掉的時候，大家都會嚇一跳，而且是每一次 （饋-20190114-54）
	困：不知道該怎麼設計才能牢固 好玩：可以跟同學一起動手做，團體競賽的樂趣 （饋-20190114-55）
	我們做橋梁的時候，因為長度關係，浪費掉了很多時間跟木材，好加在老師的援助，我們最後在緊要關頭完成了！ 蓋房子的時候，調整太用力，導致柱子斷掉，最後只能重做 （饋-20190114-67）
	隊友一直碰到，害我們一直要重黏。 （饋-20190114-69）
	困難：不知道該如何黏 有趣：能和同學「一起」完成一樣作品 （饋-20190114-71）
	橋梁是一整組一起做的，我做的超好的、超堅固，只可惜橋兩側底部都不穩固，導致重心向內彎。 （饋-20190114-78）

（續下頁）

表 4-2-7

回饋單分析(後測)－學生回饋統整表(續)

題目	開放性回饋
	喜歡能和同學一起合作，培養默契 (饋-20190114-3)
	喜歡，能學習到更多手作的樂趣 (饋-20190114-21)
	喜歡，很有趣，能學習到很多 (饋-20190114-22)
	喜歡，因為我喜歡動手做 (饋-20190114-24)
	喜歡，因為嘗試動手做，以前國小都沒有做過東西，覺得有趣 (饋-20190114-26)
	喜歡，因為覺得這種課程可以自己動手做東西，又能和同學一起討論，甚至還可以學到很多生活常識，而且上生科課能看見許多有藝術美感的圖畫。(饋-20190114-32)
	喜歡，因為搭做橋，我都沒有做過，讓我感受到原來搭東西、結構這麼困難 (饋-20190114-33)
	喜歡，有趣，也不死板 (饋-20190114-36)
	喜歡，可以認識很多課外的東西，也可以在小組中互相合作，做出獨一無二的成果 (饋-20190114-38)
	普通，因為我本身對生科沒有很大的興趣，但是能學到新的知識也不錯！ (饋-20190114-43)
	喜歡，因為可以自己 DIY，然後可以順便與同學培養默契 (饋-20190114-46)
三、說說看你喜歡這樣的課程嗎？為什麼？	喜歡，因為可以不用待在教室讀書，而是可以動手做 (饋-20190114-47)
	喜歡，從中學習不同知識，同隊合作完成競賽 (饋-20190114-50)
	喜歡，在教室聽課內容有趣，不會無聊；在生科教室動手做時，又可以運用之前所學習到概念去製作，不會聽完課就忘，也能加深印象 (饋-20190114-51)
	喜歡，從中學習不同知識，同隊合作完成競賽 (饋-20190114-50)
	喜歡，老師上課的方式幽默，不會無聊，還有實作課程 (饋-20190114-52)
	超喜歡的，因為可以實際應用課程上所學知識 (饋-20190114-58)
	喜歡，第一次做建築物真的很有趣，還學到如何買房子也為未來鋪了蓋房子這條路 (饋-20190114-61)
	喜歡，覺得對生活周遭的建築有更一步概念 (饋-20190114-62)

(續下頁)

表 4-2-7

回饋單分析（後測）－學生回饋統整表（續）

題目	開放性回饋
	喜歡，因為充滿挑戰性，可以訓練團隊合作技巧 (饋-20190114-62)
	喜歡，學習到很多不同的東西，實驗課程也很好玩 (饋-20190114-68)
	我喜歡這樣的課程，因為可以訓練團隊合作 (饋-20190114-69)
三、說說看你喜歡這樣的課程嗎？為什麼？ (續)	喜歡，因為可以接觸不同的機器、器具，完成後很有成就感 (饋-20190114-72)
	喜歡，因為可以自己動手做，也會比較瞭解結構是怎麼樣 (饋-20190114-74)
	喜歡，培養實作技巧，才不至於枯燥乏味 而且可以和同學增進彼此互助的機會 (饋-20190114-78)
	喜歡，因為可以享受製作過程的有趣 (饋-20190114-81)

由表 4-2-7 學生開放性回饋可知，學生在接受 STEM—6E 結構課程後均抱持的正面的態度，且喜歡這樣的課程安排，對課程展現高度的投入。從在學生回饋中，學生紛紛寫到喜歡動手做活動，且具有挑戰性，充滿趣味；也有學生表示可以接觸到不同的機具，完成作品後很有成就；也有學生認為在課程後增加不少關於橋梁和建築的知識；還有學生表示透過實作活動，增加了同學之間互助合作的機會，提升了團隊合作的能力。

三、前後測比較分析

由表 4-2-8 前後測比較分析可知，學生在接受 STEM—6E 結構課程後，無論在認知、情意與技能方面，經成對樣本 t 檢定 ($p=.000 < 0.001$) 後，均呈顯著差異。

經前後測比較分析後，學生在認知方面：第 1 題「我能分辨應力的種類。」、第 2 題「我知道應力在日常生活周遭的運用。」、第 3 題「我知道基本元件（桿、梁、柱）在橋梁中的對應位置。」、第 4 題「我學習到最穩定的結構。」、第 5 題

「我知道橋梁的種類與特性。」、第 6 題「我學習到建築材料與建築施工的流程。」、第 7 題「我知道地震波（S 波、P 波）的分別。」、第 11「我學習到了制震與隔震系統。」前測平均數皆小於 2，但經過 STEM-6E 結構課程後教學後，後測平均值皆大於 4，表示學生對於結構知識有所成長。在情意方面，後測平均數均大於 4，唯有第 15 題「對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。」後測平均數為 3.73，為此面向較低分的題項，但相較於前測分數，仍有顯著差異。在技能方面，後測平均數皆高於 4.4，說明學生透過 STEM-6E 結構課程後教學後，對於材料選用及工具操作的能力，均有提升。

表 4-2-8

回饋單分析（前後測）－整體分析

類別	題目	比較	平均數	標準數	t 值	p
認知	1.我能分辨應力的種類。	前測	1.18	0.544	31.952	.000
		後測	4.18	0.665		
	2.我知道應力在日常生活周遭的運用。	前測	1.22	0.585	28.023	.000
		後測	4.22	0.699		
	3.我知道基本元件（桿、梁、柱）在橋梁中的對應位置。	前測	1.14	0.354	37.429	.000
		後測	4.37	0.657		
	4.我學習到最穩定的結構。	前測	1.70	0.694	24.201	.000
		後測	4.45	0.720		
	5.我知道橋梁的種類與特性。	前測	1.88	0.787	22.773	.000
		後測	4.33	0.683		
	6.我學習到建築材料與建築施工的流程。	前測	1.02	0.154	37.103	.000
		後測	4.19	0.772		
	7.我知道地震波（S 波、P 波）的分別。	前測	1.10	0.297	32.621	.000
		後測	4.34	0.845		
	8.我清楚瞭解地震表達的方式（規模與震度）。	前測	3.24	0.576	13.238	.000
		後測	4.47	0.650		
	9.我知道地震所帶來的災害。	前測	3.76	0.576	9.156	.000
		後測	4.64	0.575		
	10.我知道不良建築的缺點。	前測	2.54	0.668	20.257	.000
		後測	4.57	0.588		

（續下頁）

	題目	比較	平均數	標準數	t 值	p
情意	11. 我學習到了制震與隔震系統。	前測	1.30	0.676	25.713	.000
		後測	4.34	0.649		
	12. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。	前測	3.02	0.311	16.887	.000
		後測	4.45	0.685		
	13. 遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力。	前測	2.98	0.382	14.418	.000
後測		4.31	0.731			
14. 我從課程中獲得興趣與信心。	前測	1.89	0.681	18.704	.000	
	後測	4.12	0.903			
15. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。	前測	2.20	0.676	11.999	.000	
	後測	3.73	0.989			
16. 課程使我學會利用量測工具進行量測。	前測	3.05	0.266	19.600	.000	
	後測	4.42	0.607			
技能	17. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。	前測	1.94	0.239	34.904	.000
		後測	4.43	0.628		
18. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。	前測	2.88	0.688	15.194	.000	
	後測	4.52	0.612			

註：* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

參、小結

整體而言，學生在接受 STEM-6E 結構課程後，在知識建立、工具操作、團隊合作以及解決問題的能力均有所成長。且透過回饋單的填寫，學生展現對課程的高度投入與喜好。研究者也發現學生在整體的課程中，能夠覺察課程主題與生活世界的連結並有所思考，這點扣緊 STEM 強調的真實情境的特點。而動手實作提升了學生知識層面的整合內化，實務與知識之間不再有隔閡，而是有效地被統合運用。這樣的課程設計，有助於學生達到教學目標與學習成效。

第三節 教學反思與專業成長

從研究初期選定研究方向、發展結階段的課程設計，至教學活動的正式實施等，皆考驗研究者的專業能力。在研究結束後，研究者透過自我省思、課程修正以及教學活動歷程所蒐集到的資料，反覆檢討：

壹、教學反思

從課程的設計到實際的落實，每一步都是成長。擺脫生活科技傳統講述或是全實作的上課方式，透過 STEM-6E 結構課程的實施讓研究者收穫了不少。學生在生活科技教室上課，透過實作和整體課程設計，大幅的提升學生的學習意願，連平常課程參與度的孩子，也比起在一般教室來的更融入學習、投入。

此次教案有別於以傳統的單一教案設計，以工程為主軸，涵蓋科技、數學、科學等層面，讓孩子藉由實作活動，串聯起領域之間的知識脈絡，培養能全方位的能力，展現多元智慧。此外，與協同教師一同討論課程及議課，也是難忘的經驗，這使研究者對於教學有了更深入的瞭解及省思。而學生在於課堂及作品上的表現，更是令人振奮欣喜，說明良好的課程設計有助於學生的學習表現。

STEM-6E 課程是值得推動的教學模式，從探索、設計、提出構想到解決問題，學生都必展現創造力及思考力。在小組的討論及溝通當中，必須發揮的團隊合作的精神，才能達到共識。而在實作歷程中，學生亦展現整合知識與技能的能力。上述所提及的能力，均為學生面對未來生活挑戰，應具備的知識、能力及態度。

貳、專業成長

一、課程活動設計有所收穫

研究者透過閱讀 STEM 相關論文、期刊，並於課程設計前與專家李老師、指導教授的討論課程內容，著實增加了不少對於課程設計的觀念與想法。吸收

多方資源，研究者經過整理內化，設計出適合國中生的 STEM-6E 結構課程，而這等歷程，也使研究者在課程活動設計能力有所增長。

二、提升教材開發與教具製作的能力

在 STEM-6E 結構課程中的「橋梁載重」與「抗震設計」單元，研究者均開發了相關的教具，如：橋梁擺放裝置、地震晃動平台、微型地震模擬平台等（如圖 4-3-1 所示）。透過這次的課程，也使研究者在教材開發有教具製作有所成長。

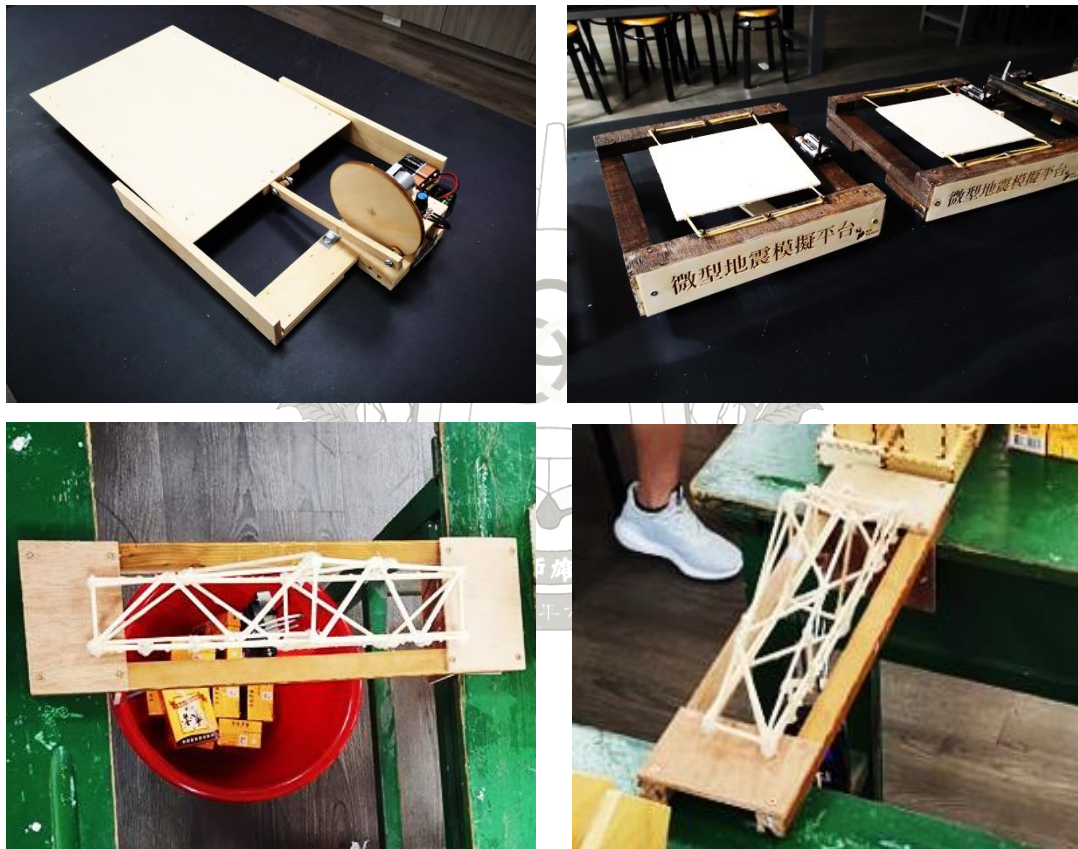


圖 4-3-1 結構課程相關教具

三、教學實務能力有所成長

在課程實施階段，無論是研究者在課前的預先備課；課堂中的口語表達、教學技巧；以及課後的學生觀察、訪談等，研究者都必須面面俱到，方能使課程實施的更臻完善。透過這次的行動研究的紀錄、觀察與修正，使研究者在教學實務上又更上一層樓。

第五章 結論與建議

本研究以 STEM-6E 融入生活科技結構教學之行動研究。透過課程的觀察、教師省思及多元評量，瞭解學生在結構課程的學習表現，以及教師專業能力的成長。本章依據第四章研究結果與討論，並對應研究之研究目的與待答問題，撰寫研究結論，並提出對於教學與後續研究之建議。以下以結論和建議兩節，加以陳述。

第一節 結論

本節依據研究結果與討論，對應本研究之研究目的與待答問題，提出以下幾點結論：

壹、STEM-6E 適合落實國中生活科技課程

一、STEM 結構課程實施順利，且學生高度肯定此課程

研究者透過 STEM 課程整合概念輔以 6E 工程模式，運用於國中生活科技課程，研究者設計「橋梁載重」與「抗震設計」兩大教學活動。以日常生活周遭常見的營建物—橋梁與建築為主軸，連結真實情境，並教授相關的科技知識及設計實作活動，讓學生體驗做中學，達到理論與實務的整合。評量方式則以學習講義、紀錄單、設計圖、作品以及測試結果，進行多元評量。依據課後回饋單之結果，大多數學生對於此課程抱持著肯定且正向的態度，並喜歡這樣的課程規畫與安排。整體而言，教學過程實施順暢，學生學習愉快，可以肯定 STEM-6E 運用在生活科技課程是值得發展的策略及模式。

二、STEM-6E 教材設計與編撰符合十二年國教新課綱精神

本研究之教學活動以九年一貫生活科技的營建科技為本，利用十二年國教生活科技（草案）的學習重點做為教材設計的出發點，連結生活科技「做、用、想」的核心理念。一個良好的課程發展需要依循課綱的核心素養。在實施教學活動期間，正值新舊課綱交替之際，為了不使課程設計偏離新課綱的方向，參

酌了許多十二年國教科技領域相關的文獻及資料，也利用草案中的學習重點（含學習內容及學習表現）設計 STEM-6E 生活科技結構課程，以利銜接 108 課綱科技領域課程的實施與推動。此課程符合十二年國教新課綱中講求跨領域整合與真實情境中連結及生活應用，並與 STEM 教育所強調精神一致。

貳、學生在 STEM-6E 結構課程中展現多元的能力

一、學生作品多元豐富，展現良好的學習遷移

STEM-6E 生活科技結構課程，學生在「橋梁載重」及「抗震設計」單元的作品上，均展現出學生多元的造型與樣貌，研究者發現學生會將課堂上所學習到的科技知識，運用在自己的實作作品上，如：在橋梁載重中，教師介紹了虹橋的相關知識與結構，學生在任務實作時，就製作出虹橋的結構，進行載重測試；而在抗震設計的課程中，學生將教師課堂上所講解到的制震與隔震系統知識，運用在製作抗震模型的歷程當中，利用吸管、彈簧、保麗龍球等材料，嘗試製作阻尼器、斜撐以及滾動式平台，以達到抑制及隔震的功效。學生在這兩個實作中，均善用三角形的結構做為設計基礎。

綜觀學生的實作歷程與作品展現，可見學生在新情境中結合先前情境的相關事物，將舊知識運用在新知識與技能當中，產生良好的學習遷移。

二、STEM-6E 結構課程提升學生知識整合以及解決問題的能力

本研究發現學生在實作活動中，學生遇到問題並不會逃避，勇於嘗試及創新。並且善用舊有的知識連結，將學習過的理論應用於實作當中，透過工具操作、創意設計以及工程流程，實踐自己所繪製的草圖，驗證想法的可行性。有別於傳統的生活科技課程強調作品以作品產出以及材料加工的方法，STEM-6E 結構課程將工程設計的系統化思考融入在其中，結合 STEM 四個領域貫串起整個教學活動，學生在實作活動中既能習得相關知識與技能，亦可針對真實情境進行深度的思考。

三、STEM-6E 結構課程可以培養學生團隊合作的能力

在實作過程中，透過設計圖繪製、製作模型、工具使用及組合測試等過程時，學生會遭遇不同的問題及挑戰，透過教師觀察與紀錄單撰寫，發現學生們均能在教師提示、引導，或團隊組員相互討論，找尋解決問題的方法與策略，並竭力去克服與嘗試。學生在 STEM-6E 結構課程實作中，不僅展現知識的統合應用與操作技能，也提供與他人互動的機會完成任務，培養合作態度的養成。STEM-6E 結構課程可促使學生發揮團隊合作精神，激發思考，彼此相互討論，一同解決問題。

四、STEM-6E 結構課程有助於提高學生的學習動機

透過回饋單的分析與統計，多數學生對 STEM-6E 結構課程抱持著正面的態度。有學生表示此活動有別於傳統枯燥乏味的上課方式，可以動手體驗並培養實作技巧，同時也促進同學之間互動交流；也有學生認為增加了許多關於建築及結構方面的知識；亦有學生認為可以將自己所想的，動手做出來，很有成就感；還有學生表示喜歡這樣的課程，不但沒有壓力，也非常有趣活潑。由此可知，STEM-6E 結構課程使學生感到有趣、不枯燥，且在回饋中均有高度的學習意願，願意投入在其中。

參、STEM-6E 課程實施有助於科技教師專業成長

STEM-6E 結構課程對於教師的成長，從課程的設計、教材的開發與教具的製作，廣至課程的實施，一步一步都是專業成長的考驗。STEM 教育的宗旨即是強調跨領域與情境化的問題解決，面對跨學科的複雜性，教師需要有將科學、工程、數學與科技，形成一體化的課程能力。此外，教師必須引導學生做縱向及橫向的整合學習，並在科學知識建立與工程設計歷程中，進行深度融合、實踐。在這次的研究歷程中，研究者利用 6E 模式串聯 STEM 進行課程設計與評量，在教學過程給予學生支持與反饋，並透過反思審視自我教學與課程規畫。這使研究者在教學設計、課程執行及研究能力均有所提升。

第二節 建議

本研究以科技教育為基礎，融入 STEM-6E 教學模式，期使生活科技課程在十二年國教實施推動能更為順利，發揮教育改革的精神，達到生活科技之課程目標，經由行動研究所得第五章第一節之結論，最後依據研究結果，提供建議如下：

壹、可融入藝術 (A) 元素將 STEM 成為 STEAM，使課程更加豐富多元

學生在「橋梁載重」及「抗震設計」教學活動中，時而會做出一些缺乏良好結構的設計，但卻別具美感的作品，雖然沒有良好的載重成績與抗震品質，但也不能否定學生創意及美感的表達。推動教育時最忌諱過度強調單一領域學習，失去跨域整合的本質。如：側重科學與數學的邏輯與知識性，或是偏重技術層面的培養，或者僅注重閱讀的博雅課程。無論是何種跨域課程，若能結合美學進行探究與設計，使學生不僅僅具備良好的科技知識與技能，更擁有美感素養。因此，研究者建議若能在 STEM 中加入藝術 (A) 的元素，進行更完整的課程規畫，定能使跨域整合更為蓬勃發展。

貳、建議使用 108 新課綱進行整體課程設計與規畫，以利課程銜接

本研究實行期間，仍處於國中九年一貫生活科技階段，並以草案設計 STEM-6E 課程。108 新課綱即將上路，科技領域有別於傳統九年一貫的課程規畫，新增了機構與結構的應用、能源與動力、電與控制等內容。建議在未來相關研究，應以 108 課綱的科技領域頒布之學習重點，進行全面的課程規畫與發展，以落實完整的核心素養，構築厚實的科技教育。

參、科技教師需要提升跨領域的能力，增加課程推動的流暢性

跨域整合是 STEM 教育的最主要特徵，亦是與傳統學科最主要的差異。

STEM 的教學設計始於生活情境的問題或是任務，教學活動或學習內容均由問題中心發散開來。看似圍繞單一的學習主題，實則涉及一個或多個學科，或是多學科以上的背景知識才能應援。而科技教師必須從中引導學生分析問題，解構任務，並和學生一同提出問題解決的方案。由此可見，STEM 教育蘊含龐大的學科知識，這就需要科技教師有跨域整合解決問題的能力，以及具備跨學科的教學能力。

綜觀現行國中教學現場，均為分科教學，且教師在各自領域均有所長，對於合作學習以及問題解決的開放態度亦不相同，如何將科學、科技、工程及數學等領域進行有效的連結與統整，就必須仰賴教學者。十二年國教的核心素養，期待學生可以達到自發、互動、共好，而科技教師也應是如此。

建議科技教師可以參加校內外相關研習，藉以提升對於新興知識的學習力；亦可參加輔導團、自造中心及大專院校開設之各領域學習階段教案、工作坊等實作活動，提升動手實作能力；也可以與各學科的教師組成教學團隊，相互討論課程，設計跨領域教案等。科技教師必須與時俱進，增進跨學科綜合素質與涵養。方能使 STEM 課程推動順利，提升課程操作上的流暢性。

肆、STEM 課程仍需貼近真實情境主題設計，也可添加競賽機制保持學生的學習動機

STEM-6E 結構課程，研究者考量國中生在日常生活周遭常見的橋梁、建築等，進行教案活動的發想與課程設計，整體操作效果佳，學生。STEM 強調跨真實情境的連結，研究者需要考量研究對象生活情境進行課程設計。否則，研究對象容易因為問題無法與自身經驗連結，對問題感到受挫；或在議題討論時，小組討論主軸失焦；亦或是學生對課堂活動興趣缺缺。研究者可觀察研究對象所處的年段與所觸及的真實世界，作為 STEM 課程主題的設計與發想，較能引發共鳴。此外，在實作活動中，教師利用競賽機制使教學添加更多趣味，激發學生的學習動機。教師須事先規劃好完整的比賽限制與規範，並適度給予鼓勵與支持，使學生在製作的歷程中，保持興趣和熱情。

參考文獻

壹、 中文部分

- 王文科 (1999)。教育研究法。台北：五南。
- 王澄霞 (1995)。STS 活動中之「學」與「教」。科學教育學刊，3(1)，115-137。
- 江文鉅 (2009)。科技與工程教育的結合。生活科技教育月刊，42 (6)，1-2。
- 吳盈潔 (2013)。高職餐飲科C—STEM烘焙創意教學之研究 (未出版之碩士論文)。國立屏東科技大學，屏東縣。
- 李博宏、王薰巧 (2004)。科技教育教學評量問題之探討。生活科技教育月刊，37(3)，72-84
- 李隆盛 (1999)。國教九年一貫科技領域的課程、教學與評鑑。生活科技教育，32(5)，2-6。
- 周惠柔、林弘昌 (2018)。應用虛擬實境技術與 6E 教學模式於高中生活科技課程之結構教學單元設計。科技與人力教育，4 (3)，67-89。
- 周雍傑 (2013)。STEM 專案式學習之創造力研究—以電土為例 (未出版之碩士論文)。國立屏東科技大學，屏東縣。
- 林怡廷 (2015)。探討STEM課程以科學探究教學法在課外社團實施之研究 (未出版之碩士論文)。臺北市立大學，臺北市。
- 金衍安 (2017)。國中生在實作活動的STEM知識整合行為之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 姚經政、林呈彥 (2016)。STEM 教育應用於機器人教學—以 6E 教學模式結合差異化教學。科技與人力教育，3(1)，53-75。
- 胡幼慧、姚美華 (1996)。一些質性方法上的思考。載於胡幼慧 (主編)，質性研究：理論、方法及本土女性研究實例 (p.141-158)。台北：巨流。
- 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。

徐毅穎 (2012)。高中生科技素養與科技態度相關之研究 (未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。

國家教育研究院 (2016)。十二年國民基本教育課程綱要科技領域 (草案)。

2019年1月31日取自 <http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10471,c639->

[1.php?Lang=zh-tw](http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10471,c639-1.php?Lang=zh-tw)

張玉山、游光昭、蕭佩如 (2010)。科技教學評量策略之規劃研究—以水陸兩用車活動為例。工業科技教育學刊，3，53-60

張玉山、楊雅茹 (2014)。STEM 教學設計之探討：以液壓手臂單元為例。科技與人力教育，1 (1)，2-17。

張玉山、簡爾君 (2016)。透過 ARCS 理論提高學習動機的 STEM 教學設計—生活科技平衡鳥單元。科學研習月刊，55 (4)，32-41。

張昀 (2016)。STEM 教育和科學課程的融合與創新。第二十屆全球華人教育機算機會論文集。香港：香港教育學院

張雨勝 (2016)。問題導向的STEM課程對高一學生問題解決能力影響之行動研究 (未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化縣。

郭家良 (2014)。STEM課程統整模式運用於國中生活科技教學對學生學習成效影響之行動研究 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。

陳元愷 (2018)。STEM專案式課程對學生學習態度提升之成效—以毛毛蟲遙控車為例 (未出版之碩士論文)。大同大學，台北市。

陳柏豪 (2008)。STEM整合式教學法在國中自然與生活科技領域物理教學之研究 (未出版之碩士論文)。國立屏東科技大學，屏東縣。

陳柏璋 (1988)。教育研究方法的新取向—質的研究方法。台北市：南宏。

陳慶宏 (2018)。應用橡皮筋動力車推動偏鄉國小STEAM課程之研究 (未出版之碩士論文)。國立高雄師範大學，高雄市。

游光昭、林坤誼、周家卉 (2016)。英美日科技教科書分析及其對十二年國教之

啟示。教科書研究，9(1)，135-166。

游家綺 (2017a)。STEM取向之機構玩具實作活動對國中生機械性向影響之行動研究 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。

游家綺 (2017b)。科技教育的教學內容—以機構玩具為例。科技與人力教育季刊，3(3)，40-64。

游家綺 (2018)。STEM實作活動：針孔相機。科學研習月刊，56(7)，68-78。

趙中建 (2012年6月15日)。為了創新而教育—科學、科技、工程和數學教育 (STEM education)：一個值得認識和重視的教育戰略。中國教育報，第07版。

蔡依帆、吳心昀 (2014)。STEM整合教學活動—空投救援物資。科技與人力教育，1(1)，40-54。

蔡清田 (2000)。教育行動研究。台北市：五南。

蔡清田 (2007)。課程行動研究的實踐之道。課程與教學季刊，10(3)，75-90。

蔡清田 (2011)。行動研究的理論與實踐。T&D 飛訊，118，1-20。

蔡蕙文 (2008)。STEM教學模式應用於國中自然與生活科技領域教學之研究 (未出版之碩士論文)。國立屏東科技大學，屏東縣。

蔡錫濤 (2000)。九年一貫課程重要概念釋疑。新講臺教育雜誌，1，48-51。

蕭佳宜 (2011)。樂高STEM教學導入國小科學學習之歷程研究 (未出版之碩士論文)。國立台東大學，台東縣。

貳、英文部分

- Barry, N. B. (2014). The ITEEA 6E Learning by DeSIGN™ Model. *Technology and Engineering Teacher*, March, 14-19
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Dugger, W. E. (2010). *Evolution of STEM in the United States*, Paper presented at the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research, Gold Coast, Queensland, Australia.
- Foster, P. (1994). Must we MST ? *Journal of Technology Education*, 6(1), 76-84.
- Massachusetts Department of Education. (2001). *Science and technology/engineering framework*. Retrieved January 31, 2019, from <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2001/>
- Massachusetts Department of Education. (2006). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Malden, MA: Department of Elementary and Secondary Education
- National Academy of Engineering, & National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Governors Association. (2007). *Building a science, technology, engineering and math Agenda*. Retrieved January 31, 2019, from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496324.pdf>
- Rosenthal, D. B. (1989). Two approaches to STS education. *Science Education*, 73, 581-589.
- The New York State Systemic Initiative, NYSSI. (1997). *Mathematics, Science and technology resource guide*. Retrieved January 31, 2019, from

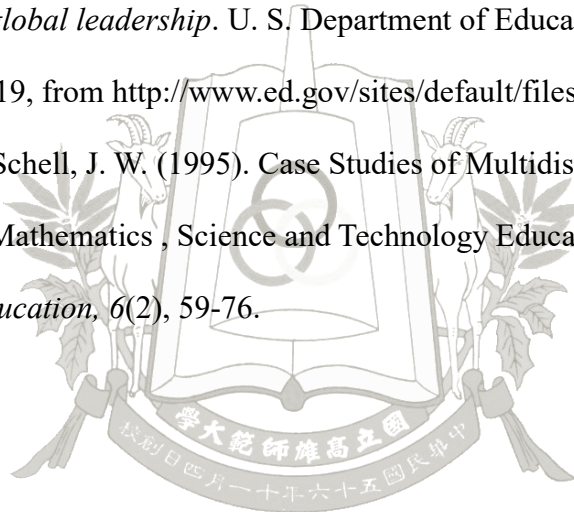
<http://www.emsc.nysed.gov/guides/mst/>

The White House. (2013). *Preparing a 21st century workforce —science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in the 2014 budget*. Retrieved January 31, 2019, from https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/2014_R&Dbudget_STEM.pdf

Trowbridge, L. W. & Bybee, R. W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher* (5th ed.). New York: Merrill.

U. S. Department of Education. (2013). *Science, technology, engineering and math: education for global leadership*. U. S. Department of Education. Retrieved January 31, 2019, from <http://www.ed.gov/sites/default/files/stem-overview.pdf>

Wicklein, R. C. & Schell, J. W. (1995). Case Studies of Multidisciplinary Approaches to Integrating Mathematics, Science and Technology Education. *Journal of Technology Education*, 6(2), 59-76.



附錄一 營建教材（課堂講義）



新北市立中平國中

生活科技 課堂講義

7-2 力與結構

【得分】

一 力 -----

(一) 應力種類

當受力的情況卻不一致，物體會產生變形與破壞，如：擠壓、拉扯、分裂、彎曲等，而這些破壞力統稱為「應力」，而受應力作用而產生的形變，稱為（ ）。

	拉力	壓力	剪力	扭力	彎矩
圖示					
說明	當物體受到相對方向的外力拉伸時，物體本身受到拉扯。	當物體受到相對方向的外力擠壓時，物體本身受到壓縮。	當物體受到不同方向的外力，使物體產生形變，甚至滑動。	如物體受到外力扭轉。	當物體受到來自上方或下方的外力時，物體向兩端彎曲。



換你動動腦

請你判斷下列各動作造成物體形變的主要應力？

(1) 擰毛巾：毛巾



()

(2) 剪紙：紙張



()

(3) 按按鈕：按鈕



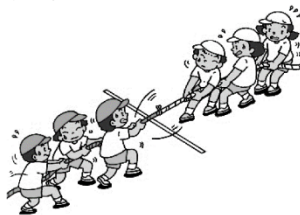
()

(4) 開瓶蓋：蓋子



()

(5) 拔河：繩子



()

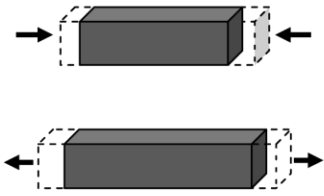
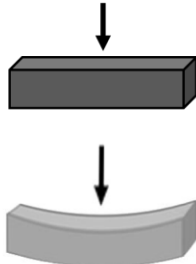
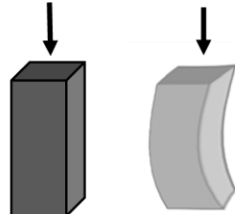
(6) 彎摺墊板：墊板



()

(二) 基本元件

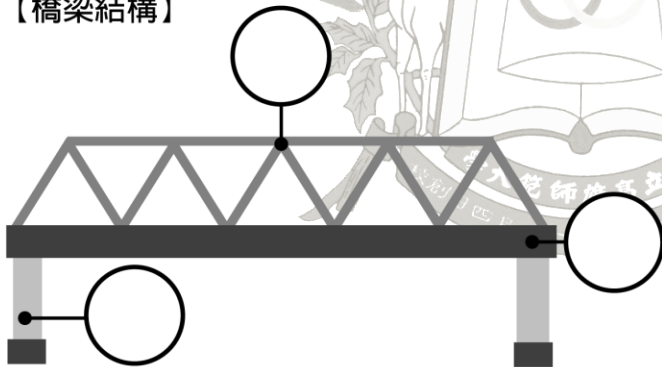
生活周遭常見的的房屋、車子行駛的道路、上課的學校、蓄水的水庫等結構體，通常是由「樑」、「梁」與「柱」三種元件所構成，不同的元件可以承受不同的應力：

	樑	梁	柱
圖示			
說明	可承受()力與()力	可承受()	可承受()力與()

換你動動腦

分析結構體，必須找出複雜的結構體中的基本元件。而橋梁、房屋最容易觀察到這些元件的使用，請將你所學到的「樑」、「梁」與「柱」，填入圈圈中：

【橋梁結構】

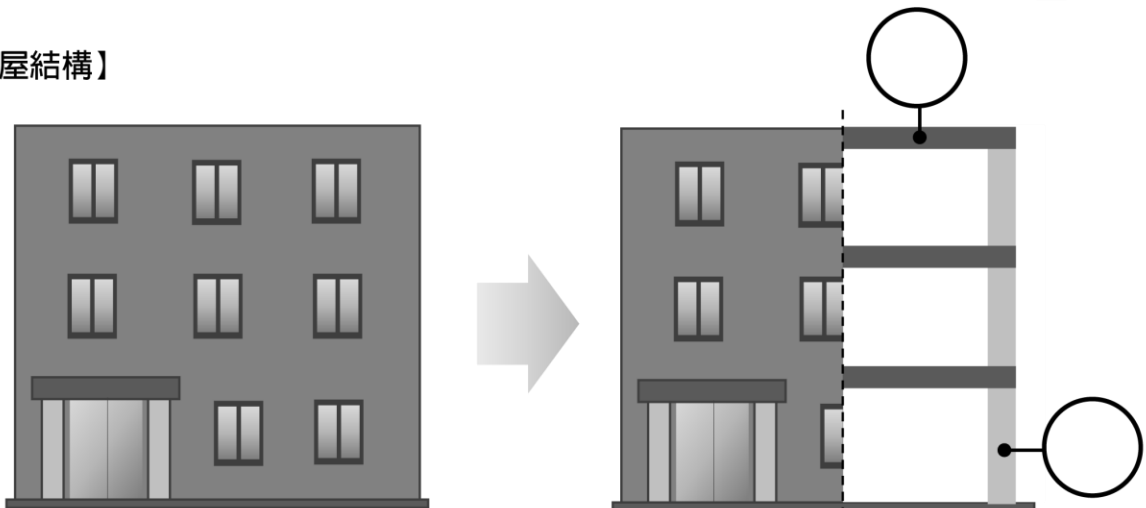


【知識小百科】何謂「載重」？

名稱		
說明	火車、汽車等車輛與行人，行駛在橋樑時所產生的重量。	橋梁本身結構重量。



【房屋結構】



二 結構

「結構」與我們日常生活習習相關，其廣泛運用在橋梁、房屋、道路及隧道等建築體上。而探討結構於外在環境因素下所造成的受力、形變等結構行為，又稱為「結構學」。

【動腦時間】請依照你的觀察，圈出哪一種結構最為穩定呢？為什麼？

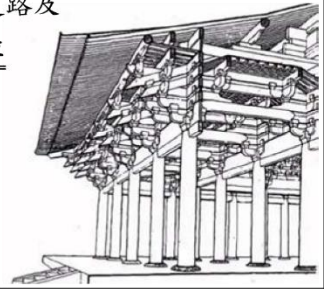
Ⓐ 三角形



Ⓑ 四邊形



Ⓒ 多邊形



(一) 結構練習

觀察結構

請你判斷下列日常用品及設施，並利用色筆／螢光筆將其穩定的結構畫出來：



(白板腳架)



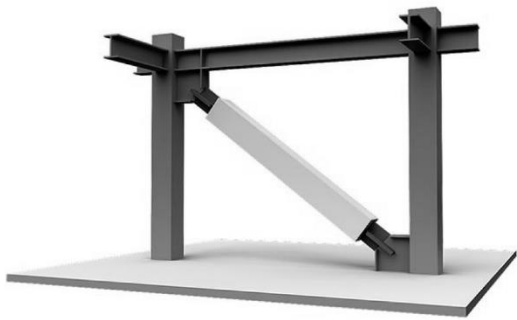
(腳踏車)



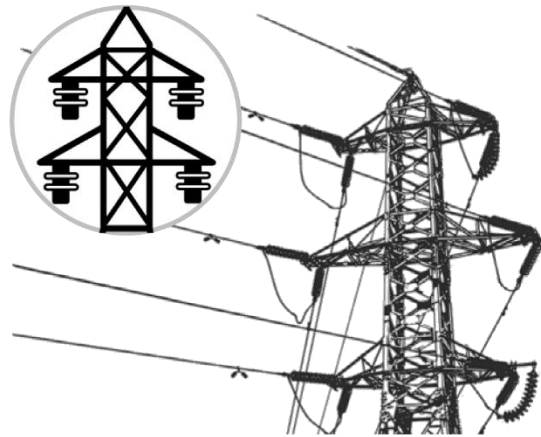
(籃球框架)



(起重機)



(梁柱中的斜撐結構)

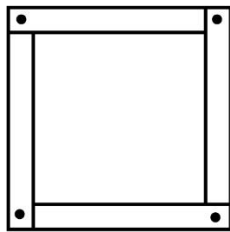


(電塔)

結構補強

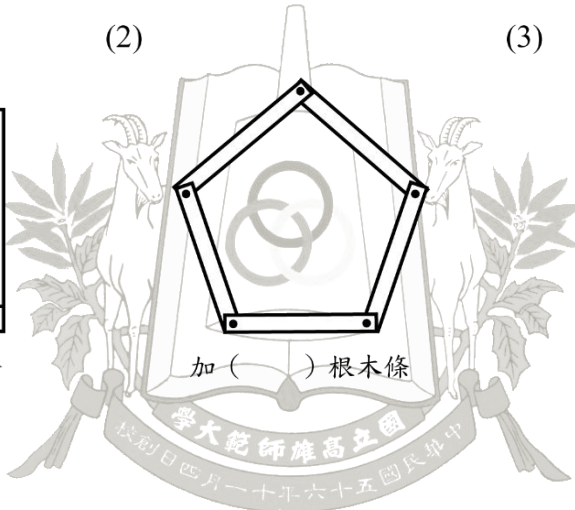
請在下列木條框架中，畫出所指定數量之任意長度木條，使其框架的形狀穩定。

(1)



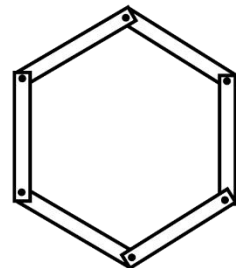
加 () 根木條

(2)



加 () 根木條

(3)



加 () 根木條

換你動動腦

請你舉出日常生活周遭所使用的穩定結構(三角形結構)，並將它記錄在下表：

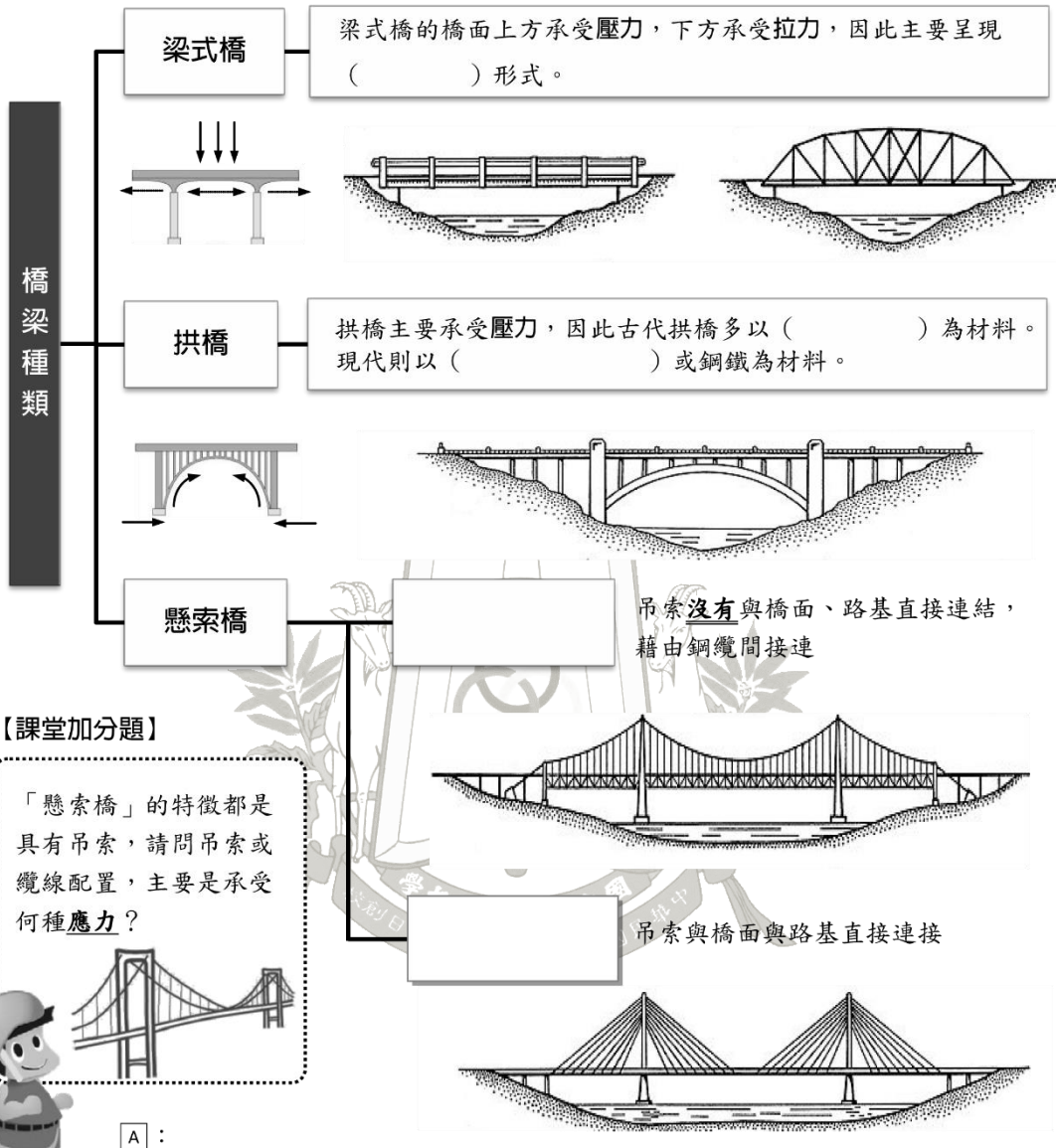
■ 我觀察到：_____

■ 結構外觀：請將「穩定結構」的部分，用特殊顏色的筆或記號標記出來，並輔以文字說明

(此處可以貼資料，也可自行手繪)

(二) 橋梁類型

橋梁依照結構，可分為梁式橋、拱橋與懸索橋三種：



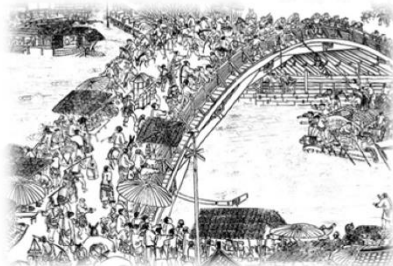
【課堂加分題】

「懸索橋」的特徵都是具有吊索，請問吊索或纜線配置，主要是承受何種**應力**？



A : _____

知識小百科 | 清明上河圖中的虹橋？

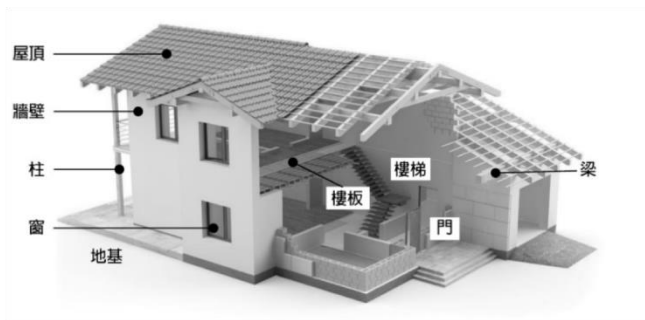


北宋畫家張擇端在名畫《清明上河圖》中，為我們留下了「虹橋」的珍貴形象，使虹橋名揚中外。張擇端筆下的虹橋完全符合透視原理，經推算橋的跨度約 20 米，與汴河寬 5 丈、深 5 丈的歷史記載完全相符。

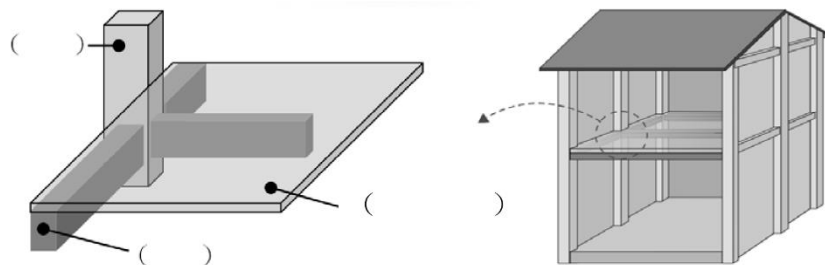
虹橋體現了北宋匠師精湛的技術造詣和大膽的首創精神。虹橋最大的特點沒有任何一根釘子與橋柱，而是以較短的木材組成，利用縱橫交錯的卡榫結構，將橋上方所承載的重量平均向下、向外分散，是一種相當獨特的造橋方式。

(三)房屋結構

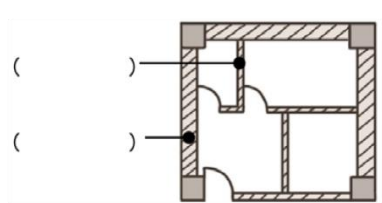
房屋結構是指在建築物（結構體）中，由建築材料做成用來承受各種荷載或者作用，以起骨架作用的空間受力體系。常見的房屋建築結構主要包括：地基、梁、柱、樓板、牆壁、樓梯、屋頂和門窗。



名稱	說明
(1)地基	<p>是房子的基礎，宜建置在<u>岩盤</u>上，不宜建造於鬆軟泥土。此外，房子在建造時，盡量避免蓋在_____。</p>  <p style="text-align: right;">坡向</p>



梁、柱、樓板放大示意圖

(2)梁	分散_____搖晃所產生的破壞能量。										
(3)柱	像人體脊椎承受身體重量，支撐建築物重量。	柱與梁是（_____）的主要原因。									
(4)樓板	用來分隔房屋上下的空間，以便安置家具、設備，雖然不影響房屋結構強度，但其厚度不足，容易造成_____問題。										
(5)牆壁	<p>牆壁依功能可分為：</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>功能</th> <th>厚薄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ⓐ</td> <td>分隔房間空間</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ⓑ</td> <td>具有荷重與抗重作用</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	種類	功能	厚薄	Ⓐ	分隔房間空間		Ⓑ	具有荷重與抗重作用		 <p>牆壁之種類</p>
種類	功能	厚薄									
Ⓐ	分隔房間空間										
Ⓑ	具有荷重與抗重作用										



建築多樣性

建築物的結構因居住環境、生活型態以及使用需求的不同而有多種形式面貌與功能。

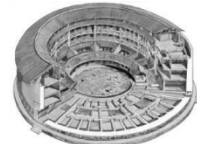
居住環境	生活型態與使用需求	建築型態
都市	()	高樓大廈、摩天大樓
台灣早期農村	中央有晒穀場，也成為農暇休閒的場所	()
高緯度地區	()	斜頂、尖塔
草原游牧民族	逐水草而居	易拆、裝的()
黃土高原	利用黃土建鑿冬暖夏涼的特殊建築	()
中國福建地區	利用生土牆壁所構成的群居和()的大型樓房	土樓
東南亞地區	氣候高溫多雨，房子與地面隔離一定高度，具有防潮效果，亦可避免蛇或野獸侵襲	() 建築
北極	因紐特人利用()堆砌成房屋	半球形的雪屋



① 尖塔、斜頂建築



② 三合院



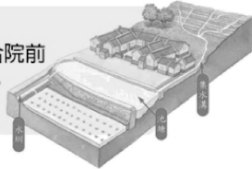
③ 福建土樓



④ 杆欄式建築

動腦 TIME

Q.台灣早期在鄉村地區，常在三合院前開挖池塘，請問：池塘的功用？



A :

(1) _____

(2) _____

(3) _____

知識小百科 | 秘密的龍騰斷橋



龍騰斷橋原名為「魚藤坪橋」，是日治時期舊山線經過的橋樑之一，橋體構造沒有鋼筋或水泥是龍騰斷橋的特色，僅由紅磚及花崗岩砌而成，並利用糯米特強的黏著力與灰泥攪和之後，作為磚石之間的黏合材料，屬於糯米橋的一種。豔麗的外表被譽為是台灣鐵道的藝術極品，只可惜這座雄偉的藝術品在 1935 年慘遭新竹台大地震破壞，迄今已無法使用，幽靜地佇立在苗栗三義。

二 古代建築

古代建築物依據不同目的，形成各具特色的外觀與功用：



中國萬里長城



希臘帕德嫩神廟



羅馬競技場



埃及金字塔

禦敵而建造的城牆

埃及法老王的陵墓

祭祀神祇的場所

休閒的公共設施

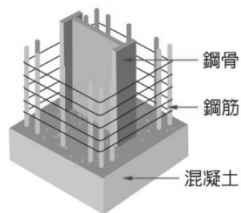
三 建築材料

現今用來建造房屋材料，以木材、磚石、鋼筋混凝土、鋼骨四種材料最常見：

材料類別	圖示	優點	缺點	筆記
木材		色澤紋理美觀、具有香氣、質輕、易建築	易()、 易() 不易保存	
磚石		顏色樸實自然、耐火、耐腐蝕	不()， 建造有() 限制	
鋼筋 混凝土 (RC)		耐火、耐久 鋼筋 → 耐() 混凝土 → 耐()	較() 回收性較差	
鋼骨 (SC)		耐震、較()	無法抵抗()	※多以()型主要鋼骨結構。

知識小百科 | 認識鋼骨鋼筋混凝土(SRC)

SRC 是以鋼骨為主要結構，輔以鋼筋並外包混凝土的建築。由於具有鋼骨的韌性以及鋼筋混凝土的鋼性，因此常被標榜抗震、安全性高，台灣地區自九二一地震後，逐漸被廣泛使用。



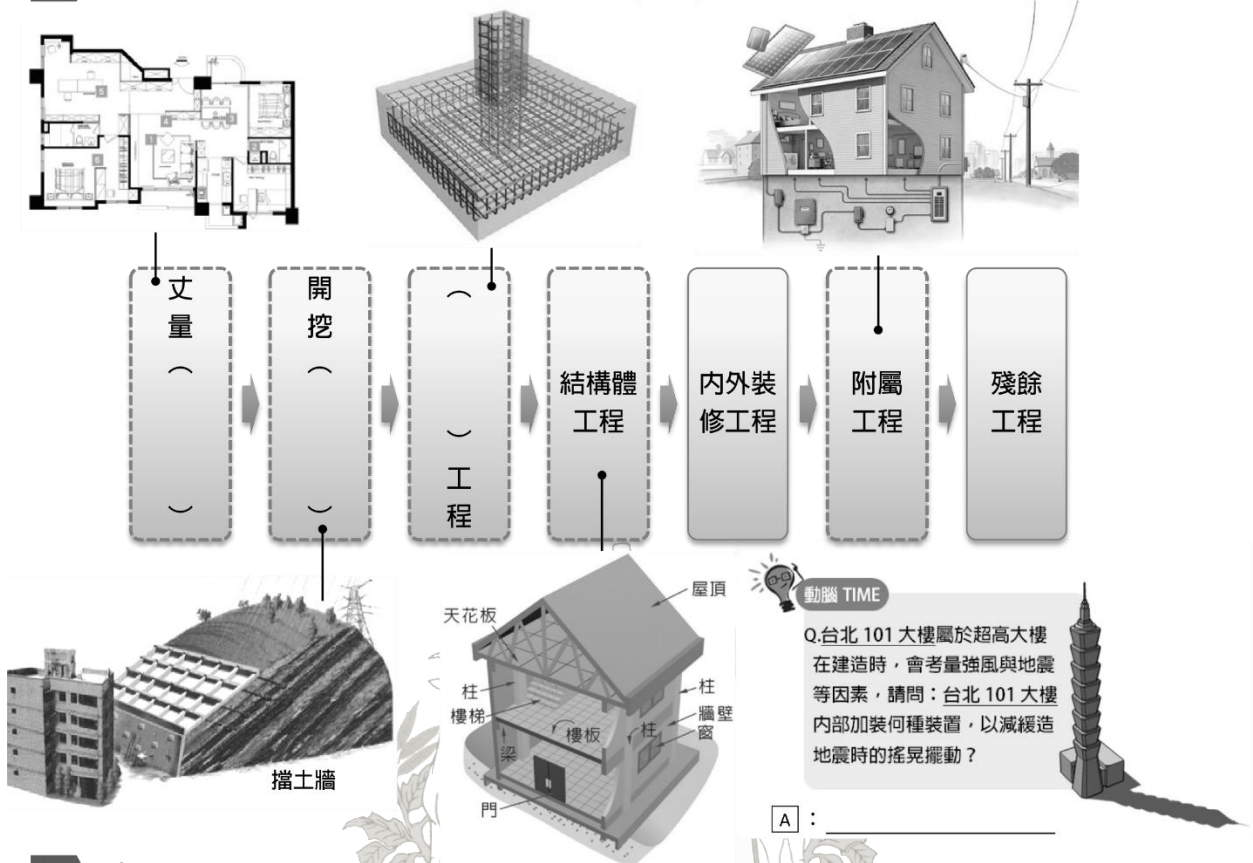
動腦 TIME

Q.美國「911 事件」中，客機撞擊雙子星大樓引發大火。想一想，雙子星大樓可能是用何種建材建造？

A: _____



四 建築施工流程

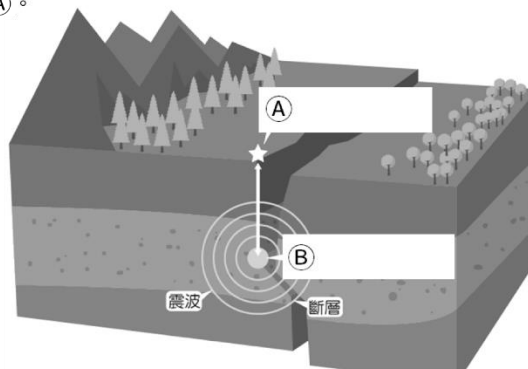
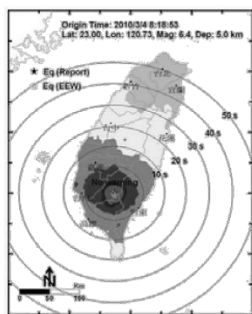


五 地震工程

(一) 認識地震

地震對地面所造成的破壞，不僅僅影響到房屋、橋梁、水壩等結構體，也改變了地形地貌，甚至危及人類居住的安全。因此，本小節將介紹關於防災以及地震相關的基本知識：

- (1) 臺灣之所以會發生地震，主要原因是 **答**：_____
- (2) 地震的發生，主要是在斷層部分引發錯動進而產生震動，而最早發生錯動的點稱為**Ⓑ**，而在正上方的地表位置稱為**Ⓐ**。

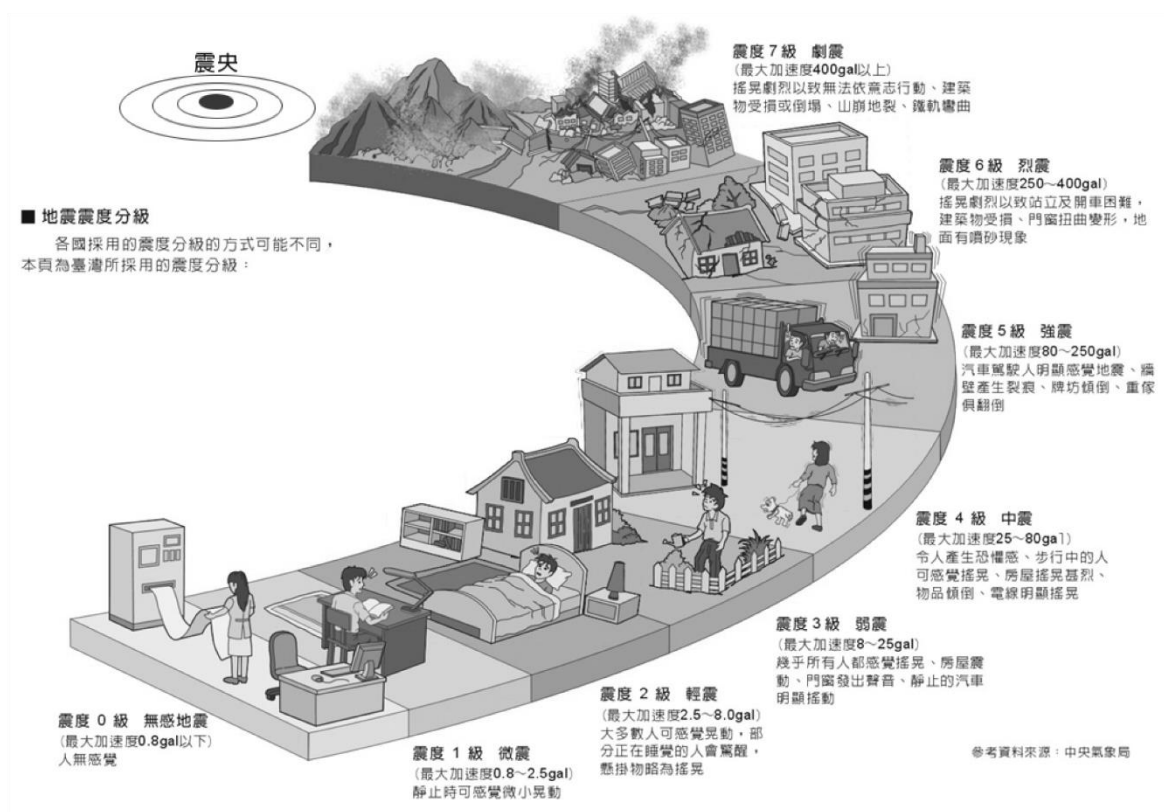


一般來說，震源越淺、離震央越近、地層越軟弱，感受的震度越大，對建築物的傷害也越大。

(二) 地震表達方式

規模 是指地震所釋放的能量，臺灣所採用的計算方式為（ ）規模，在敘述時以「規模 5.0」、「規模 7.3」的方式來表示，數字的後面不加「級」字。

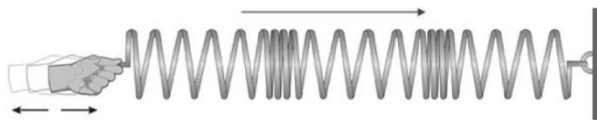
震度 為地震搖晃的程度，分為 1~7 級，通常離震央越遠，震度越小。



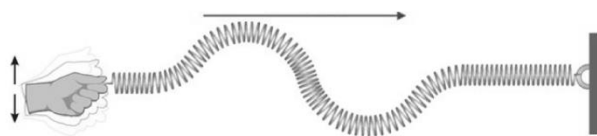
(三) 地震波

「地震波」為一種（ ），主要是由 S 波與 P 波交互作用，進而產生震動與搖晃。

P 波：帶給人的感受是地表、房屋等上下震動，不過震動量通常較小



S 波：帶給人的感受，則是歷時較長而且強烈的水平搖晃，所帶來的破壞性通常也較高



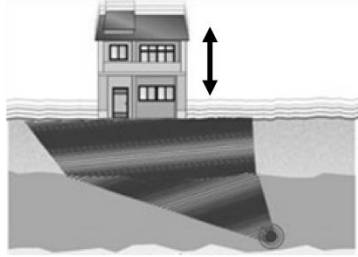
換你動動腦

動腦時間

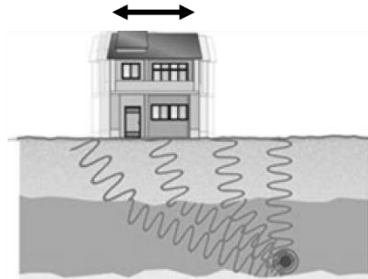
請你依照所學，
在正確的答案
中，打勾✓



1. 哪一種地震波，傳遞的速度最快？ P波 S波
2. 地震時，主要會產生何種「地震波」？ P波 S波
3. 請你判斷此震動屬於何種波？



P波 S波



P波 S波

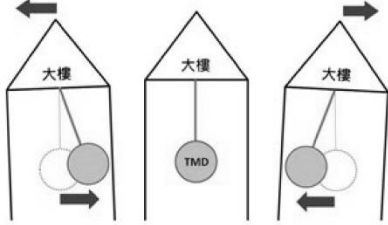

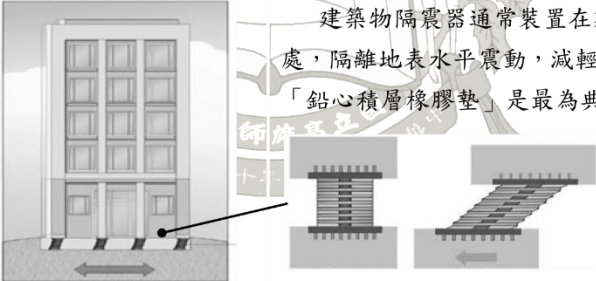
(三) 抗震建築

建築物的造形與耐震能力關係密切。一般而言，造形簡單規則的建築設計，能以較低的建材成本，興建耐震性較佳的建築物；外形花俏多變的建築設計，需要較高的建材成本，彌補外形不耐震的缺陷。因此，購買或建造樓房，應審慎考量耐震及安全性。

【不良建築舉例】

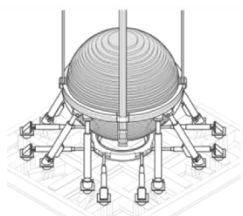
圖示	
說明	重心過() () 建築 如：_____、_____ 梁線不連貫造形
圖示	
說明	() 建築 外形不規則建築，如：() 形、() 形、() 形 案例：台南維冠大樓

【制震與隔震系統】

抗震裝置	圖示及說明
<p>① 阻尼器</p>	<p>當高樓層承受風壓而擺動時，懸掛的阻尼器因為()作用，與大樓有了相對運動，使阻尼器拉伸或壓縮。阻尼器拉伸或壓縮過程中，吸收了大樓的振動能量，減輕大樓晃動的程度</p> 
<p>② 滾動式平台</p>	<p>工程師應用和滑板相同原理，利用滾動軸承發明「滾動式平台」，安裝於樓地板與櫥櫃之間，以隔離樓地板的水平振動。</p> <p>應用 常用於精密儀器設備及()，以防地震損壞。</p>
<p>③ ()</p>	<p>在梁柱及樓板的對角線上裝上一根斜撐，可以減緩搖晃幅度，若在斜撐上附加一個吸收振動能量的「減震器」，相同側推之後迅速釋放，模型仍會晃動，但是晃動的時間縮短、幅度縮小，這就是減震器的功用。</p> 
<p>④ 鉛心積層橡膠墊</p>	<p>建築物隔震器通常裝置在建築物的基礎或低樓層處，隔離地表水平震動，減輕地震對建築物的擾動。「鉛心積層橡膠墊」是最為典型的一種。</p> 

動腦時間

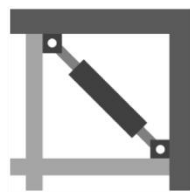
請你將正確的抗震裝置，連到正確的系統



阻尼器



滾動式平台



斜撐



鉛心積層橡膠墊

制震系統

隔震系統

附錄二 營建教材（紀錄單）

生活科技紀錄單



【實作活動】 橋梁載重設計

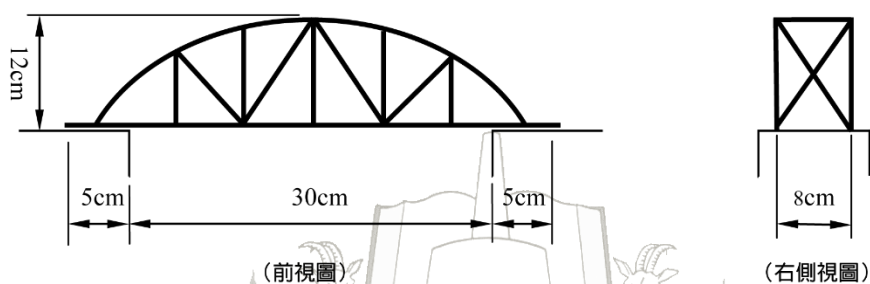
組別：_____

做

DO (40%)

培養學生動手實作的能力

【任務說明】



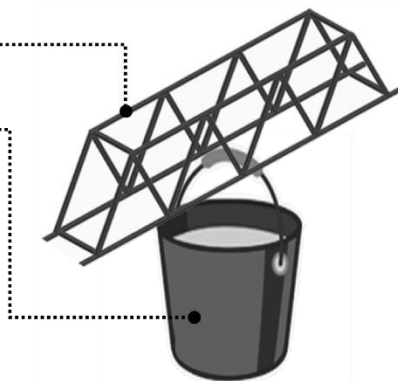
- 競賽目的：以木條設計模擬橋樑結構，試驗所設計之結構所能承載的能力，從競賽中激發設計創造力。
- 尺寸要求：(1) 跨度：30cm + 10cm（兩端支撐點各延伸 5cm）
(2) 高度：12cm（支撐點至加載點）
(3) 寬度：8cm
- 製作材料：使用斷面約 0.3 x 0.3cm 松木條及接合材料（熱熔膠、樹脂、三秒膠）。

我們橋梁本身重量（靜載重）：_____ g

我們橋梁懸掛的重量（活載重）：_____ g

橋梁的載重比 (G)：_____

$$\text{載重比 (G)} = \frac{\text{承載之最大重量 (活載重)}}{\text{橋梁本身之重量 (靜載重)}}$$



【評分標準】

載重比	0~0.5	0.5~0.75	0.75~1	1~1.5	1.5~2	2 以上
換算得分	10 分	20 分	25 分	30 分	35 分	40 分
我的小組得分 (由老師勾選)						

用 USE (40%)

如何正確使用機具，並嘗試繪製橋梁設計圖

一、設計圖

二、材料清單

項目	材料	規格	數量
1			
2			
3			
4			
5			
6			

三、使用工具

項目	工具名稱	用途
1		
2		
3		
4		
5		
6		

想 THINK (20%)

進行科技反思，並檢視此次實作的設計與思考以及團隊合作

一、這次實作我要感謝_____，原因：_____

二、這次遇到的困難：_____

我們這組這樣解決：_____

三、製作的與反思：可以圖文並茂，形式不限

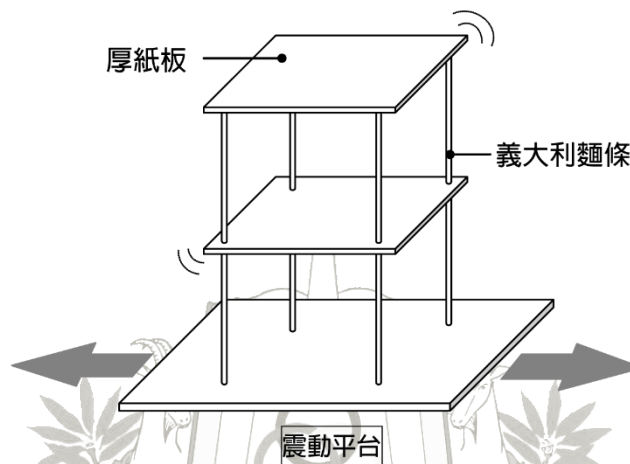


做

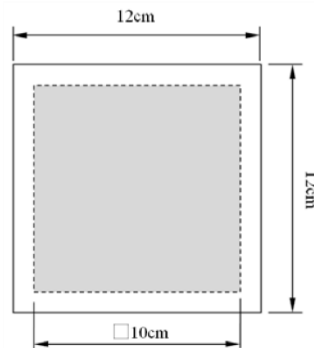
DO (20%)

培養學生動手實作的能力

【任務說明】



- 競賽目的：藉由義大利麵條材料製作耐震結構的競賽，體驗製作模型之過程與細節，並激發其所學習之結構抗震觀念。
- 競賽規則：(1) 模型必須有兩層樓，競賽時每層樓需要承載 g 重物
 (2) 模型總重量不得大於 500 g
 (3) 模型全高不得超過 30cm。
 (4) 模型平面的總長寬並不得超過 10cm x 10cm 之平面 (如下圖所示)。



- 製作材料：(1) 義大利麵條：20 根 (4) 棉線：一捆
- (2) 底板紙板 (大)：一片 (5) A4 紙張：2 張
- (3) 樓板紙板 (小)：兩片 (6) 熱熔膠

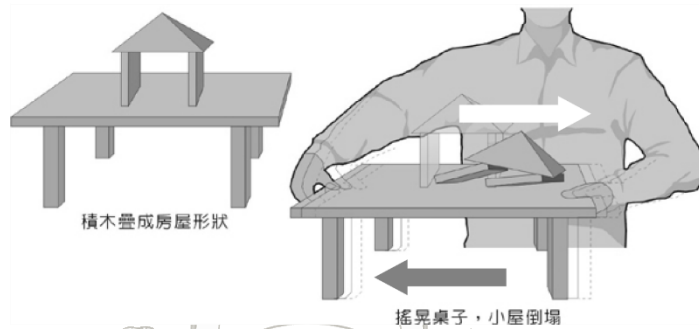
用 USE (60%)

界定問題及熟知製作程序，並繪製耐震結構設計圖

一、真實情境連結：

地震所造成地形、地貌的改變，而地震所釋放的能量非常驚人，甚至會損害到建築物及人類安危，因此一個良好的建築體應該具備有好的抗震性……

科技探究



(1) 將積木堆成房子，模擬地震時的左右搖晃，房子崩塌。試問：這是屬於種「地震波」？

答：_____

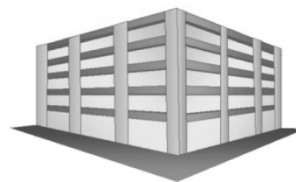
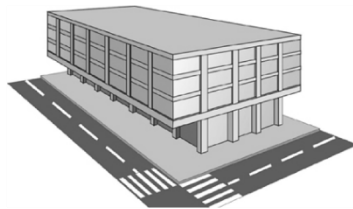
(2) 請問：依照你所學過的結構，哪一種結構最為穩定？ 答：_____

(3) 造成房屋坍方倒塌的主要結構為何者？（請在□中打✓）

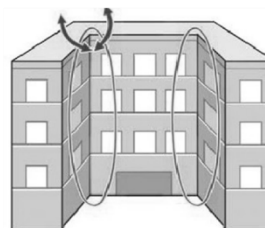
答： 橫梁 樓梯 牆壁 樓板
 屋頂 柱子 門窗

(4) 下列建築物，哪一個結構最為穩固？（請在□中打✓）

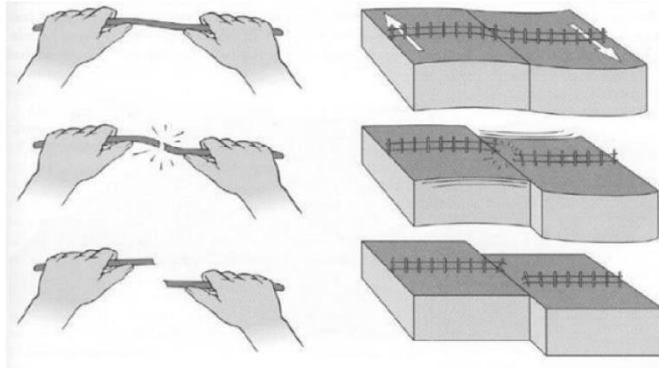
答： 重心偏高，牆面不連續的建築物 平面立體規則的建築物



挑高、隔間打通的建築，如賣場、騎樓 平面複雜，ㄇ形或T形建築



雙手彎折一根筷子，力氣越大，筷子越彎，最後筷子承受不住而斷裂，手也感到震動。而地震的產生是因為應力的釋放，這樣的理論我們稱為「彈性回跳學說」



地函中軟流圈，受到地球內部熱源加熱，形成熱對流，受到熱對流的帶動，板塊就會跟著移動。板塊移動的速度緩慢難以察覺，隨著板塊的推擠和變形，當能量累積超過一定限度時則發生斷折，形成斷層。此時沿斷裂面產生振動，便是地震。

二、探究及分析問題：

製作材料：

- | | |
|----------------|---------------|
| (1) 義大利麵條：20 根 | (4) 棉線：一捆 |
| (2) 底板紙板（大）：一片 | (5) A4 紙張：2 張 |
| (3) 樓板紙板（小）：兩片 | (6) 熱熔膠 |

- 製作的模型不得高於()公分，重量不得超過()克
- 需要製作幾層樓的模型？ 答：_____層
- 在建築中的柱及梁（結構體）是上述清單的哪種材料？ 答：_____
- 「紙板」在建築中扮演的什麼角色？ 答：_____
- 「棉線」的用途可能是什麼裝置？（制震 / 隔震），而「棉線」承載哪兩種應力？
答：_____
- 觀察上述清單，黏接工具是什麼？ 答：_____
- 你認為麵條與麵條之間的結構，還有哪些接合方式？請用文字或是繪圖說明：

答：

三、草圖繪製

請將你的耐震結構會製於底下空白處

想 THINK (20%)

進行科技反思，並檢視此次實作的設計與思考以及團隊合作

耐震設計模型	使用幾支麵條	模型總重量	是否能載重	搖晃時間	級別
	支	g	<input type="checkbox"/> 可以 <input type="checkbox"/> 不可以		

一、我們採用小組中_____的草圖
因為：_____

二、在這次實作中，我負責哪一些工作？做了哪些事情？

三、如果能重新設計作品，宜改進的地方有？或是藉由這次實作你的感受及學習到的收穫有哪一些？

(可以利用文字或是畫圖，形式不限)

附錄三 學生回饋單（前測）

STEM 結構課程 學生回饋單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

類別	題目	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
認知	19. 我能分辨應力的種類。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	20. 我知道應力在日常生活周遭的運用。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	21. 我知道基本元件（桿、梁、柱）在橋梁中的對應位置。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	22. 我學習到最穩定的結構。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	23. 我知道橋梁的種類與特性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	24. 我學習到建築材料與建築施工的流程。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	25. 我知道地震波（S波、P波）的分別。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	26. 我清楚瞭解地震表達的方式（規模與震度）。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	27. 我知道地震所帶來的災害。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	28. 我知道不良建築的缺點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. 我學習到了制震與隔震系統。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
情意	30. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	31. 遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	32. 我從課程中獲得興趣與信心。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	33. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
技能	34. 課程使我學會利用量測工具進行量測。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	35. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	36. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

附錄四 學生回饋單（後測）

STEM 結構課程 學生回饋單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

類別	題目	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
認知	1. 我能分辨應力的種類。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2. 我知道應力在日常生活周遭的運用。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3. 我知道基本元件（桿、梁、柱）在橋梁中的對應位置。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4. 我學習到最穩定的結構。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5. 我知道橋梁的種類與特性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6. 我學習到建築材料與建築施工的流程。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7. 我知道地震波（S 波、P 波）的分別。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8. 我清楚瞭解地震表達的方式（規模與震度）。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9. 我知道地震所帶來的災害。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10. 我知道不良建築的缺點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11. 我學習到了制震與隔震系統。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
情意	12. 課程中我能與同組組員互相溝通、合作學習。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13. 遇到困難時，我能找到問題並修正、解決，提升自我能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14. 我從課程中獲得興趣與信心。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15. 對於自然、數學、科技與工程領域有興趣。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
技能	16. 課程使我學會利用量測工具進行量測。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17. 課程使我學習到不同的材料與加工方式。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	18. 課程使我學習如何安全有效的使用工具與操作技巧。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
一、在生活科技結構課程（橋梁及抗震設計）中，我學習到哪些東西？						
二、在實作過程（橋梁及抗震設計）中，有遇到哪些困難及有趣的事情？						
三、說說看你喜歡這樣的課程嗎？為什麼？						