

科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

二十一世紀學生創新 STEM 課程設計與高層次能力的發展

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：MOST 102-2511-S-276-001-

執行期間：102 年 8 月 1 日至 104 年 7 月 31 日(延期一年)

執行機構及系所：美和學校財團法人美和科技大學經營管理研究所

計畫主持人：曾國鴻

共同主持人：羅希哲、葉榮椿、林顯輝

計畫參與人員：饒育宗

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 1 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考 否 是，_____（請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送）

中 華 民 國 104 年 10 月 31 日

壹、前言

二十一世紀是知識經濟掛帥的時代，對身處此一時代氛圍內的每一位成員而言，僅握有知識不代表握有競爭力，競爭力之取得應是來自於運用知識結果產生的創新與特性。創新的精神與能力儼然成為了知識經濟的核心。因此高層次能力的優質人力的培養即是維持此一競爭力基礎的首要前提，而歐美等先進國家之教育改革亦多強調以 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)領域的教學，來帶動學生的高層次能力發展與國家創新人力資源的養成。故有效發展創新 STEM 課程的策略，將是未來規劃學校課程時的重要課題，使學校能夠與知識經濟產業型態接軌，發揮學校教育協助學生能力發展和提高國家產業人力資源素質的功能，同時讓學校能有效的規劃、建構、執行和評估創新 STEM 課程，進而提升學校課程的多樣性。STEM 課程其本質除了講求跨領域的整合外，還強調在真實情境中實作的歷程，促使學習者能隨時檢視與整合科學、科技、工程和數學等知識的理解與應用(羅希哲、陳柏豪、石儒居、蔡華齡、蔡慧音，2009)。

專題式學習強調以日常生活有關的議題，經由教師的引導，使學習者能與同儕以共同探索與解決問題，是一項有效的學習與教學模式(Huang, Shen & Mak, 2002; Marchaim, 2001)，再者，網路科技豐富多元的學習情境，讓學習者能跨越時空彼此互動與學習，老師也能藉此觀察學生的學習並適時的提供幫助(羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹泰淵，2010)。網路專題式學習(Web Project-Based Learning, WPBL)與網路合作學習是近年來教育的新趨勢，許多相關的研究顯示，這兩種學習策略能提升學習成效，是改善僵化思考的有效學習方法(岳修平、鍾婉莉，2005；羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹泰淵，2010；Chan Lin, 2006)。

綜上所述，本研究首先說明創新 STEM 課程的必要性與目標，並結合網路教學平台，運用資訊科技結合教學，將創新 STEM 課程的概念融入高中職科學、科技、工程與數學等相關課程教學領域，設計一個真實性的專題，讓學生透過小組團隊合作，從實作中進行問題探索與解決，完成專題作品，進而探討創新 STEM 網路專題式合作學習應用於高中學生的學習成效與特性。

貳、研究目的

- 一、瞭解創新 STEM 網路專題式合作學習的網路互動行為。
- 二、瞭解與探討創新 STEM 網路專題式合作學習的成效和特色。

參、文獻探討

一、創新 STEM 課程

「STEM」是科學(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)與數學(Mathematics)的英文字首縮寫，將四種不同學科的知識，作連結整合及運用，是一種科際整合式的教育理念，其中，「科學」是指追求及探索大自然的原理，「科技」是將工程中所設計的工具或成品真實的製作出來便利人們生活，「工程」則是利用科學的發現去設計社會所需的工具，「數學」乃結合在科學中進行分析及統計，四者之間的關係，如圖 1 所示(Massachusetts Department of Education, 2001)。

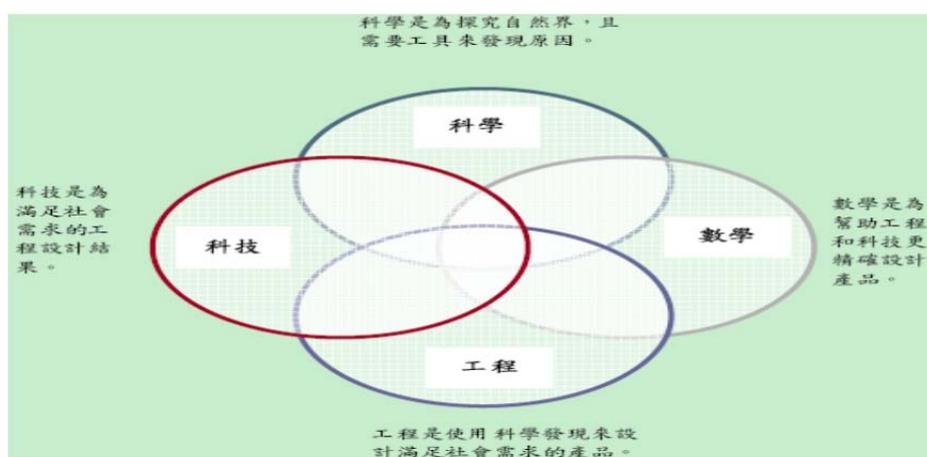


圖 1 科學、科技、工程與數學的關係圖
資料來源：研究者自行整理

科學教育並不能僅由壁壘分明的學科教學構築而成，實際上科學家需要對不同學科知識有清楚與深度的熟稔，並非僅靠對某一學科的專精便能養成的，而這也自然形成了整合 STEM 領域課程的出現(Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012)。由於 STEM 是一個高度學科整合性的課程，強調的是問題解決思考能力的培養，所以其課程發展、教材設計、教學策略等環節的規劃，都是影響 STEM 課程成敗的關鍵因素。Asunda(2012)在 STEM 教育研究中認為科學是個人對於科學知識的瞭解，及具備有獨立進行客觀決策的能力；科技指的是能夠使用、管理、評鑑科技的能力；數學是指以數學的方式滿足解決問題的需求；而工程則是發揮所有的科學與數學知識，透過科技達成運用，有效率的滿足人類的需求。Lou、Liu、Shih 與 Tseng(2011)亦於 STEM 與問題解決研究中使用課程統整的方式提供學生進行學習，使學生在課程中得以兼顧不同學科的理论並能將其應用於複雜的實務問題之中。而創新 STEM 課程中

的範疇，包含顯著課程(正式與非正式課程)、潛在課程(班級社會體系、學校組織氣氛、社會文化及意識型態)與特別服務(學生輔導、圖書及其他資源)。故在教材發展方面亦將呼應課程教材編製的五項原則：1.順序原則，2.統整原則，3.心理原則，4.社會化原則，5.重點原則(曾國鴻，1996)。創新 STEM 課程的範疇與教材發展，是在涵蓋顯著、潛在與特別服務的課程範圍內，以協助學生高層次能力發展之目的，將具備整合科學探究、科技技術、工程設計和數學分析的統整式 STEM 課程內容，依循有效的教學原則進行教材設計，再透過分析、設計、發展、建置與評估的程序確保其品質，同時結合網路平台等多媒體輔助方式，發展出有助於提升高中職學生高層次能力的學習內容。

強調「課程統整」是創新 STEM 課程的主要理念之一。近年來在教學創新研究中，針對科學、數學、工程和科技等課程進行統合教學法期以提高學習成就、改善學習態度和增進學習持續性，已成為一股趨勢(Leonard, Mary, & Samuel, 1999)；而這也凸顯出了創新 STEM 課程亦應特別重視的是如何在課程中引發學生對 STEM 課程的興趣；因為如何運用創新的方法設計課程，在進行 STEM 領域的教學之時更培養學生對科學的熱情與成就感，這對科技人才的培養是相當重要的，而研究也顯示在選擇以 STEM 領域的職業作為職涯發展之路的決定，大多是受在此時期參與 STEM 課程經驗良窳的影響(Sadler, Sonnert, Hazari, & Tai, 2012)。

二、網路專題式合作學習

相較於傳統式教學，專題式學習是一個學生為主的學習方式，強調學習團隊的組成，賦予學生充分的責任，藉由成員間的互動與利他分享達到學習的目的(Milentijevic, Ciric & Vojinovic, 2008)。專題式學習強調以學習者為主體，教師則為輔助者，其主要任務是給學習者設計一套有意義的待解決問題的學習情境，並在問題解決的過程中提供協助與引導；學習者的任務除了理解問題、主動學習與問題解決外，並利用網路科技完成問題的解決(羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹為淵，2010)。合作學習是一種社會性互動的形式，包含學習者和學習者、學習者和教師的社群互動，成員可以經由表達自己的想法和與他人互動的過程中學習，獲得並分享經驗與知識，由於資訊科技在教育應用上的優勢，網路科技對合作學習而言是一個具有潛力的工具，可以豐富學習的表現，諸如個體知識的建構或是團隊知識的分享(Liaw, Chen & Huang, 2008; So & Brush, 2008)。在網路系統裡，學習者是受到鼓舞的，鼓勵他們交換意見、分享觀點，來針對問題，作出最好的解決。學習者可以有更多的機會控制自己的學習，不但

可以是一個更積極的學習者，還可以連結舊經驗應用到新獲得的資訊(羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹為淵，2010)。

由此可見，網路專題式合作學習的情境有助學生意見的交流與互動，促進學習成效，並解決了時空的限制，讓同儕與師生間的互動更密切，且互動資訊也可以記錄、保存與分享，有助隨時回顧過去的議題和聚焦學習重點，且具備以下特性：1.以學習者為主；2.建構學習方式；3.重視真實學習議題；4.採小組合作學習；5.以網路科技探究並解決問題；6.教師為輔導者；7.跨學科的統整學習(羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹為淵，2010)。因此，網路專題式合作學習的溝通互動歷程有助於明瞭團隊學習的整體表現。

肆、研究方法

一、專題活動之背景與設計

本研究採個案研究法，以屏東市一所女子高級中學參加「有情緒的水陸兩用船專題活動」之學生為對象，共計 12 組，48 人。該專題活動以「專題式合作學習知識網」做為主要的學習情境，提供學生在面對面討論與實作之外可以互相溝通聯繫的管道，由研究助理擔任網路助教的角色，觀察學生的學習動態，並提供問題諮詢與引導。

本專題活動以合作學習的方式進行，強調小組透過團隊力量自主學習，網路助教則扮演促進者與協助者的角色，主要的工作為發展研究工具、根據創新 STEM 專題式學習的特性建置平台、設計驅動問題、並全程督導活動的進行，而小組的學生則根據階段任務蒐集分析資料、從實作中不斷的試驗與解決問題，最後產出作品，進行發表與評鑑。

在活動開始之前召集參與學生舉辦說明會，說明研究主題、活動內容與進行方式和網路平台的使用技巧。活動進行時共有六個任務階段，每一個任務皆有驅動問題供各組上網查閱，而驅動問題的設計係根據創新 STEM 知識平均佈題，組員間依此討論，並將相關的內容心得與結果，於網路平台上發表，活動為期 51 天。該階段，小組互動是在實體的面對面和非同步的網路平台等兩種情境交錯進行，網路平台提供小組成員跨越時空限制的溝通互動管道，除了網路互動紀錄外，也鼓勵學生將實體的互動轉譯成文本上傳至平台，以便於知識的儲存與分享，據此，能豐富小組的討論、反思與回饋，研究者也能同時觀察實體與網路情境的互動行為，並做為分析小組學習成效的基礎。於活動的最後舉辦成果發表會，並進行作品效能測試和簡報。研究流程，如圖 2 所示。

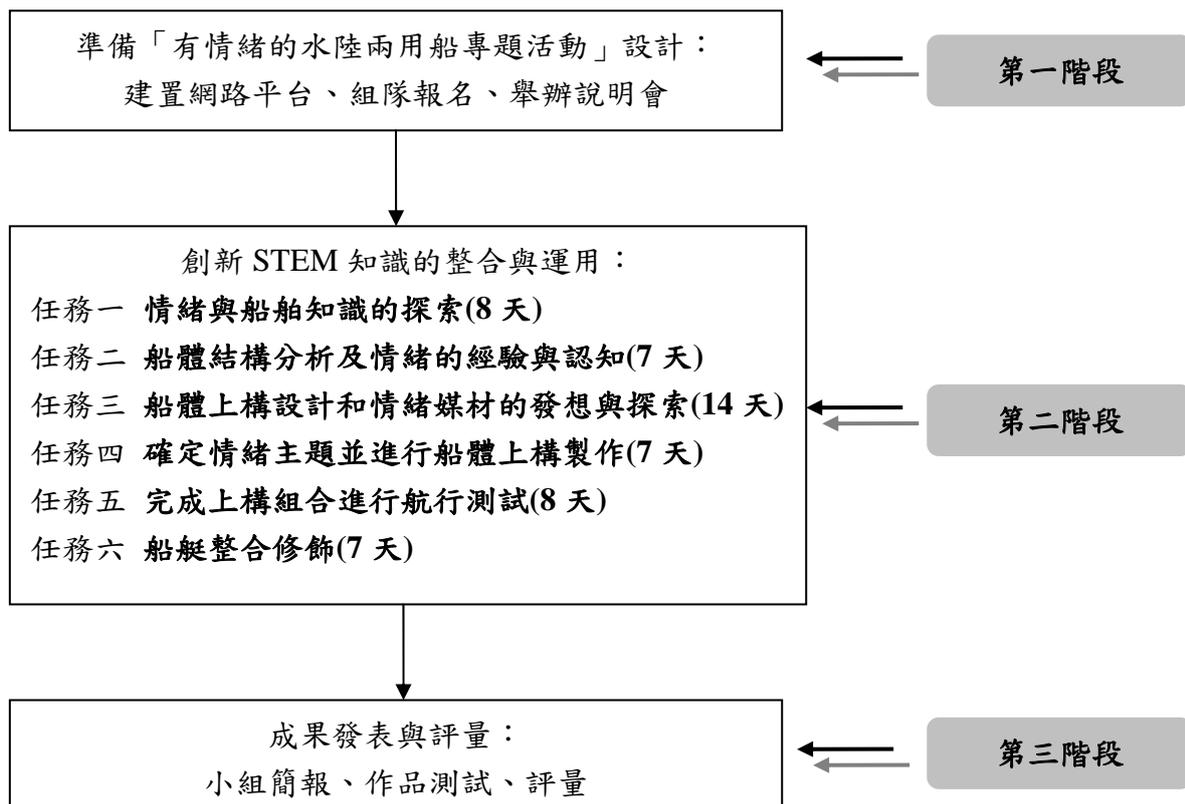


圖 2 研究流程

二、活動說明

本專題活動以小組整體表現進行評量，分別為造型評比(30%)：包含情緒表現、設計理念與創新 STEM 知識的應用、設計功能與結構強度；專題報告評比(20%)：包括紙本報告及口頭簡報；水陸航行評比(30%)：水陸航行與情緒創造的連結程度，包含：新奇性、有效性和真實性；線上討論互動情形(20%)：包含成員參與程度、互動情況、上線次數及討論精彩程度。本研究旨在瞭解創新 STEM 網路專題式合作學習互動行為、學習成效和特性。鑑於成功的案例有較豐富的互動文本，利於進一步探究互動行為與學習成效之關係，和分析學習之特性。

三、資料蒐集與分析

本研究主要的研究工具為網路專題式學習知識平台，以收集學生在網路平台後端記錄為主的互動文本的言談分析(discourse analysis)，是內容分析法的其中一種；主要是從語言學中發展出來的質性方法，其分析的對象為人與人互動間產生的文字與口語來進行分析、解釋的質性研究方法(Tseng et al., 2012、2008 & 2010；Lapadat, 2007)。藉由學生在平台上互動時所留下的 log files 記錄，來進行言談分析，分析方式為：以質性 log files 的資料，轉化為量性的

資料加以分析，進而統整與解釋學生在網路上的學習狀況。在 51 天的網路專題式學習知識平台討論，一共有 457 個對話訊息。在分析中，經由兩名訓練有素的研究助理獨立分析的留言對話，將其在線對話分成三個部分：網路專題式學習過程中，對話型態和對話數量。

在網路專題式學習過程中，分成六個階段：專題確認(project confirmation)、認識與探索(cognition and discovery)、規劃與設計(planning and design)、執行(implementation)、評估(evaluation)與完成(completion)；這些對話資料分析和歸類是依據知識建立品質準則(knowledge-building quality criteria)(Bodzin & Park, 2000)，如表 1，並以皮爾遜相關(Pearson correlation)方法分析兩兩間的相關程度，而相關係數可作為兩個連續變數間線性相關的指標。

表 1 線上討論對話訊息分類

類別 Categories	例證 Illustration
一般解釋 General Explanation	不具有建設性知識的一般討論和解釋 This category deals with general discussions and explanations that have no constructive knowledge.
組織 Organisation	組織和整合書籍、網站或其他成員的思想資料。 This category organises and integrates information from books, websites or other members' thought.
引用 Quote	引用其他的研究或資料
問題 Question	簡單 simple 提問簡單的問題 This category deals with simple questions that usually generate short answers.
	澄清 for clarification 澄清有關詢問或回答問題的資訊 This category deals with clarifying information concerning questions asked or answered
	延伸 extended 更多的解釋，不是只有一個簡單的回應，因為提問問題可能不是很清楚 More expansive than a simple question and usually generates more than a simple response. Because the question may not be very clear initially, a QC may be invoked.
分析 Analysis	提出相關或不同的觀點 Students propose the related or contrasting viewpoints
詳盡闡述 Elaboration	聚焦在一個複雜問題，並加以闡述或提供相關資訊 Focuses on a complicated problem and provides elaboration or context about it.

回應 Response	簡單 simple	一個簡短的回應話題或其他成員 A short reply to a certain topic or other peers' response as a simple feedback or praise to others' contributions.
	解釋 explanation and/or elaboration	更詳細和擴大的回應 More detailed and expansive than a simple response.
腦力激盪 Brainstorming		試圖引入新的想法或提供創新意見來解決這個問題 Attempts to introduce new ideas or provide innovative opinions to solve the problem.
問題解決 Problem-Solving		提供錯誤的解釋或修訂方式 Solution to certain questions; usually providing an explanation or revision for errors.
反思 Reflection		經團隊討論來反思自己的想法或感受 The process of examining their own thoughts or feelings on the dialogue of team discussions.
管理 Administration		安排會議，撰寫報告，並監控進度管理 Management of affairs of the project, such as arranging meeting, writing reports, and monitoring the progress
無意義 Off task		提出與專題無關的對話

伍、結果與討論

一、網路平台互動行為

本研究根據網路平台的互動紀錄並參酌 Bodzin 和 Park(2000)之線上合作行為類別進行網路合作行為分析，大體上可分為六個階段，15 類行為類別。在六個階段中，專題確認(project confirmation)有 128 對話訊息、認識與探索(cognition and discovery)有 188 對話訊息、規劃與設計(planning and design)有 75 對話訊息、執行(implementation)有 15 對話訊息、評估(evaluation)有 24 對話訊息與完成(completion)有 27 對話訊息；而 15 類行為類別中，一般解釋有 25 個對話訊息(5.5%)、組織有 2 個對話訊息(0.4%)、引用有 15 個對話訊息(3.3%)、簡單問題有 39 個對話訊息(8.5%)、澄清問題有 20 個對話訊息(4.4%)、延伸問題有 10 個對話訊息(2.2%)、分析有 49 個對話訊息(10.7%)、詳盡闡述有 24 個對話訊息(5.3%)、簡單回應有 145 個對話訊息(31.7%)、解釋回應有 21 個對話訊息(4.6%)、腦力激盪有 28 個對話訊息(6.1%)、問題解決有

10 個對話訊息(2.2%)、反思有 8 個對話訊息(1.8%)、管理有 35 個對話訊息(7.7%)、無意義有 26 個對話訊息(5.7%)，如表 2。

表 2 在網路專題式學習中各對話訊息類別次數

對話型態 Dialogue-quality type	網路專題式學習階段(WPjBL tasks)						
	專題確認 Project confirmation	認識與探索 Cognition & Discovery	規劃與設計 Planning & Design	執行 Implementation	評估 Evaluation	完成 Completion	全部 Total
1.一般解釋 General explanation	17 (13.3%)	6 (3.2%)	1 (1.3%)	1 (6.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)	25 (5.5%)
2.組織 Organization	0 (.0%)	0 (.0%)	2 (2.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	2 (0.4%)
3.引用 Quote	5 (3.9%)	3 (1.6%)	3 (4.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	4 (14.8%)	15 (3.3%)
4.簡單問題 Simple question	11 (8.6%)	22 (11.7%)	6 (8.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	39 (8.5%)
5.澄清問題 Clarification question	6 (4.7%)	13 (6.9%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	1 (3.7%)	20 (4.4%)
6.延伸問題 Extended question	3 (2.3%)	6 (3.2%)	0 (.0%)	0 (.0%)	1 (4.2%)	0 (.0%)	10 (2.2%)
7.分析 Analysis	7 (5.5%)	22 (11.7%)	8 (10.7%)	2 (13.3%)	6 (25.0%)	4 (14.8%)	49 (10.7%)
8.詳盡闡述 Elaboration	1 (0.8%)	4 (2.1%)	10 (13.3%)	5 (33.3%)	3 (12.5%)	1 (3.7%)	24 (5.3%)
9.簡單回應 Simple response	51 (39.8%)	63 (33.5%)	20 (26.7%)	1 (6.7%)	6 (25.0%)	4 (14.8%)	145 (31.7%)
10.解釋回應 Explanation response	2 (1.6%)	15 (8.0%)	3 (4.0%)	0 (.0%)	1 (4.2%)	0 (.0%)	21 (4.6%)
11.腦力激盪 Brainstorming	0 (.0%)	13 (6.9%)	12 (16.0%)	1 (6.7%)	0 (.0%)	2 (7.4%)	28 (6.1%)
12.問題解決 Problem-solving	1 (0.8%)	5 (2.7%)	1 (1.3%)	1 (6.7%)	1 (4.2%)	1 (3.7%)	10 (2.2%)

13.反思 Reflection	0 (.0%)	3 (1.6%)	1 (1.3%)	2 (13.3%)	1 (4.2%)	1 (3.7%)	8 (1.8%)
14.管理 Administration	10 (7.8%)	5 (2.7%)	5 (6.7%)	2 (13.3%)	4 (16.7%)	9 (33.3%)	35 (7.7%)
15.無義意 Off task	14 (10.9%)	8 (4.3%)	3 (4.0%)	0 (.0%)	1 (4.2%)	0 (.0%)	26 (5.7%)
全部 Total	128 (100%)	188 (100%)	75 (100.0%)	15 (100.0%)	24 (100.0%)	27 (100.0%)	457 (100.0%)

各類對話訊息之皮爾遜相關(Pearson correlation)數係如表 3 呈現，其中「組織」和「詳盡闡述」有正向顯著關係($r=0.88, p=0.21$)，當小組中有更多組織的討論，更能產生詳盡闡述的結果；「引用」與「管理」有正向顯著關係($r=0.90, p=0.15$)，當小組中引用更多的知識和理論，更能對管理方面有正向的影響；「簡單問題」與「澄清問題」($r=0.96, p=0.00$)、「延伸問題」($r=0.94, p=0.01$)、「分析」($r=0.93, p=0.01$)、「簡單回應」($r=0.96, p=0.00$)、「解釋回應」($r=0.92, p=0.01$)和「問題解決」($r=0.86, p=0.02$)有正向顯著關係；「澄清問題」與「延伸問題」($r=0.98, p=0.00$)、「分析」($r=0.90, p=0.02$)、「簡單回應」($r=0.92, p=0.01$)、「解釋回應」($r=0.90, p=0.01$)和「問題解決」($r=0.90, p=0.02$)有正向顯著關係；「延伸問題」與「分析」($r=0.90, p=0.02$)、「簡單回應」($r=0.92, p=0.01$)、「解釋回應」($r=0.89, p=0.02$)和「問題解決」($r=0.88, p=0.02$)有正向顯著關係；「分析」與「簡單回應」($r=0.82, p=0.05$)、「解釋回應」($r=0.99, p=0.00$)和「問題解決」($r=0.95, p=0.00$)有正向顯著關係；「解釋回應」與「問題解決」($r=0.98, p=0.00$)有正向顯著關係，小組的解釋回應越多，越能進行問題解決。

二、將網路專題式合作學習應用於創新 STEM 知識學習

藉由提出關鍵問題，促進學生創新 STEM 知識的深化，在每一個任務開始前，提供關鍵問題，以引導學生在該任務階段的思考並完成目標。在題目的設計上，讓學生藉由解題的過程，同時達到創新 STEM 知識的學習，並深化創新 STEM 知識的探索。從網路平台的討論發現，關鍵問題的設計除了可以引導思考的功能外，更重要的是學生會為了逐項解答問題而搜集資料、進行小組討論，並實驗以求驗證。網路平台可提供學生更多相同的機會檢索資訊並且與小組成員互動，學生可以自由的發表或分享意見與知識，而其他的小組成員也可以透過平台端詳每位成員的互動情況，進而學習。

網路專題式合作學習主張學生自主與動手作的學習方式，以及問題解決能力的培養，透過小組成員之間的資料蒐集、討論、腦力激盪、實驗、問題解決等歷程。以往出現在教科書上的科學概念，經由聯結真實的議題進行實際的應用，更能實踐抽象的科學概念，而達到融會貫通的效果。透過動手做的經驗，讓學生有機會可以重新整理、分析自己的概念，思索創新 STEM 知識的應用，讓概念性知識與實用性知識能夠達到整合的效果。創新 STEM 網路專題式合作學習則以學生為主體，學習方式更為彈性多元，透過動手作的歷程，讓學生有機會將知識與實務連結，並藉由團隊力量共同成長。

表 3 在不同類別對話的皮爾遜相關(Pearson correlation)數係

	組織	引用	問題			分析	詳盡闡述	回應		腦力激盪	問題解決	反思	管理
			簡單	澄清	延伸			簡單	解釋				
一般解釋	-.23	.63	.55	.55	.56	.24	-.39	.75	.21	-.13	.14	-.36	.60
組織		.12	-.03	-.31	-.34	-.01	.88*	-.08	-.04	.59	-.20	-.16	-.13
引用			.46	.42	.32	.25	-.26	.57	.19	.21	.12	-.37	.90*
簡單問題				.96**	.94**	.93**	.02	.96**	.92**	.65	.86*	.44	.17
澄清問題					.98**	.90*	-.24	.92**	.90*	.48	.90*	.49	.22
延伸問題						.90*	-.25	.92**	.89*	.42	.88*	.45	.15
分析							.09	.82*	.99**	.75	.95**	.62	-.02
詳盡闡述								-.11	.11	.65	.00	.23	-.57
簡單回應									.79	.48	.72	.20	.35
解釋回應										.76	.98**	.71	-.10
腦力激盪											.67	.56	-.20
問題解決												.79	-.13
反思													-.61

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). N=6

陸、結論與建議

本研究透過文獻探討與質性資料的分析與討論獲得以下幾點重要結論，並據此予以建議：

一、結論

(一)創新 STEM 網路專題式學習的歷程分為六階段

在初期階段，學生具有基礎知識，但對於創新 STEM 知識及實作的應用卻存在許多的不確定感。藉由關鍵問題提出，明確指出專題方向並奠定網路平台的操作技巧，能快速聚焦於有意義的學習活動上；而最重要的知識建構歷程，其中的實作經驗、問題解決策略的應用與引導，是使學生的創新 STEM 知識由模糊轉為清楚的關鍵因素。在最後階段，學生更自行發展出多元的學習策略以增進創新 STEM 知識的成長，包括持續的討論與交互詰問、從事專家訪談和實體觀察等調查活動、閱讀並彙整書籍與網路的資料以解決問題。在八週的活動期間，學生們在「規劃和設計」花最長時間(14 天)，且在這個階段感覺壓力最大。當學生在最後階段遇到問題時，他們會再回到最初階段重新檢視問題或定義問題。

(二)創新 STEM 網路專題式學習，有助學生正向的學習

研究結果發現創新 STEM 網路專題式學習具有合作學習、做中學、驅動問題深化學習等特性。讓學生體認到團結力量大的精神，從中也習得人際互動的技巧，並且透過組員間的合作與分享，更能擴展個人多元的思維，提升學生對事物的敏銳度與觀察力，並且激發學生的學習動機。藉由動手做的過程，學生可以重新整理、分析自己的概念，思索 STEM 知識的應用，讓概念性知識與實用性知識能夠連結與整合。此外，本專題活動確實能帶來正面的影響，能促進學生創新 STEM 知識的統整與應用，而動手作與團隊合作的學習經驗，能激發學生產生多元的觀點和視野，而網路則能豐富團隊活動，讓知識的交流更為豐富。學生會在網路平台分享相關知識，在網路平台的對話，大部份都與專題相關，只有少部份不相關，而網路平台提供學生一個有用和學習互動方便的工具來完成專題。

二、建議

基於上述發現，提出以下建議：

(一)應用網路專題式學習於創新 STEM 教學的發展

從研究結果得知，創新 STEM 網路專題式學習具讓學生能主動地從問題解決中發展學習策略，整合科學、科技、工程、數學等知識，以作品的方式呈現學習成果，實作的過程亦有效促進學生高層次的思考及問題解決能力的培養。故建議學校教師可以結合網路專題式學習

與創新 STEM 知識學習應用於科學教育的推廣與落實，以促進學生整合式科學教育的學習與發展。

(二)結合資訊科技應用於創新 STEM 專題式學習

建議學校單位能建全資訊設備，並推廣資訊教育與教學活動的整合與應用，讓教師在教學活動設計方面，可以結合網路，並教導學生基本的資訊科技素養，讓學生隨時能利用網路學習，不受限於教室與書本的框架。

柒、參考文獻

- 岳修平、鐘婉莉(2005)。專題式學習小組網路溝通互動之研究。*教育學刊*，**25**，1-23。
- 曾國鴻(1996)。教材發展。載於江文雄（主編），*技術及職業教育概論*（310-346 頁）。台北：師大書苑。
- 羅希哲、陳柏豪、石儒居、蔡華齡、蔡慧音(2009)。STEM 整合式教學法在國民中學自然與生活科技領域之研究。*人文社會科學研究*，**3**(3)，42-66。
- 羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹為淵(2010)。網路專題式學習應用於高中女學生STEM 知識學習之研究。*人文社會科學研究*，**4**(4)，115-141。
- Asunda, P. A. (2012). Standards for technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs. *Journal of Technology Education*, *23*(2), 44-60.
- Bodzin, A.M., & Park, J.C. (2000). Dialogue patterns of preservice science teachers using asynchronous computer-mediated communications on the World Wide Web. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, *19*(2), 161 - 194.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, *112*(1), 3-11.
- Chan Lin, L. J. (2006). Presenting project works on the web. *Journal of Education Media & Library Sciences*, *43*(4), 471-486.
- Huang, G. Q., Shen, B. & Mak, K. L. (2002). Participatory and collaborative learning with TELD courseware engine. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, *128*(1), 36-43.
- Lapadat, J. C. (2007). Discourse devices used to establish community, increase coherence, and negotiate agreement in an online university course. *Journal of Distance Education*, *21*(3), 59-92.
- Leonard, S., Mary E. S., & Samuel S. D. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, *69*(1), 21-51.
- Liaw, S. S., Chen, G. D., & Huang, H. M. (2008). Users' attitudes toward Web-based collaborative learning systems for knowledge management. *Computers & Education*, *50*, 950-961.
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., & Tseng, K. H. (2011). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal of Technology & Design Education*,

21, 161-183.

- Marchaim, U. (2001). High-school student research at Migal science institute in Israel. *Journal of Biological Education*, 35(4), 178-182.
- Massachusetts Department of Education. (2001). *Science and Technology Engineering Framework*. Retrieved from <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2001/>
- Milentijevic, I., Ciric, V., & Vojinovic, O. (2008). Version control in project-based learning. *Computer & Education*, 50, 1331-1338.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science Education*, 96(3), 411-427.
- So, H. J., & Brush, T. A. (2008). Student perceptions of collaborative learning, social presence and satisfaction in a blended learning environment: Relationships and critical factors. *Computers & Education*, 51, 318-336.
- Tseng, K. H., Chang, C. C. & Lou, S. J. (2012). The process, dialogues and attitudes of vocational engineering high school students in a web problem-based learning (WPBL) system. *Interactive Learning Environments*, 20(6), 547-562.
- Tseng, K. H., Chiang, F. K. & Hsu, W. H. (2008). Interactive processes and learning attitudes in a web-based problem-based learning (PBL) platform. *Computers in Human Behavior*, 24(3), 940-955.
- Tseng, Kuo-hung; Tan, Yue; Chang, Chi-Cheng; Lou, Shi-Jer & Chen, Chun-Yu (2010). Online Dialogues of College Students in a Web Problem-Based Learning (WPBL) Context. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 8(2), 150-155.