

國立台灣師範大學科技應用與人力資源發展學系
碩士論文

機器人教學對高中生工程設計表現影響之研究



研究生：姚經政

指導教授：張玉山

中華民國一〇六年一月

機器人教學對高中生工程設計表現影響之研究

研究生：姚經政

指導教授：張玉山

中文摘要

本研究旨在探討機器人教學對高中生工程設計表現的影響。本研究為準實驗研究，採用不等組前後測實驗設計，對象為台北市某高中高中一年級的四個班級，隨機分派為實驗組及控制組，進行教學實驗。本研究以乒乓球發射器作為教學實驗的單元，在實驗組進行機器人教學；控制組進行一般生活科技教學。本研究蒐集課程活動前的工程設計表現自我量表成績作為前測分數，課程活動後的工程設計表現自我量表成績做為後測分數。在量化資料的分析部分，利用SPSS 22.0 for Windows進行平均數、標準差、獨立樣本單因子共變數分析，最後闡明研究發現。

本研究的主要結論如下：1. 機器人教學對工程設計之「限制」能力有正向影響。2. 機器人教學對工程設計之「預測分析」「最佳化」能力無顯著正向影響。3. 機器人教學對工程設計歷程之「定義問題」、「可行性分析」能力有正向影響。4. 機器人教學對工程設計歷程之「確認需求」、「蒐集資料」、「產生想法」、「評估」、「實踐」能力無顯著正向影響。最後，本研究根據研究結果，針對機器人在高中端的教學以及後續研究，研提建議。

關鍵詞：工程教育、工程設計表現、機器人教育。



The Effect of Robot Teaching on Engineering Design Performance in Senior High School

Author : Jing-Jheng, Yao

Adviser : Yu-Shan, Chang

ABSTRACT

The Purpose of this study was to investigate the effect of Robot Teaching on Engineering Design Performance in Senior High School. A nonequivalent pretest-posttest quasi-experimental design was used in this research. The objects were four high school freshman classes selected from a city high school and randomly assigned to the experimental group and the control group. A learning activity named Table tennis launchers. The experimental was taught using robot learning, while the control group was taught using the traditional (usual) way. Participant student's engineering design scale performances before and after the experiment were evaluated. The one-way analysis of covariance were performed in this research by SPSS 22.0 for Windows. Those main results of this research were: 1. The robot learning had a positive effect on student's "constraints" abilities. 2. The robot learning has no significant effect on student's "optimization" and "predictive" abilities. 3. The robot learning had a positive effect on student's "problem definition" and "feasibility analysis" abilities. 4. The robot learning has no significant effect on student's "hypotheses confirmed", "gather information", "generate ideas", "evaluation", "working" abilities. Finally, recommendations and suggestions were addressed for implementation of robot learning and future studies based on results of this research.

Keywords: engineering education, engineering design performance, robot education



目錄

中文摘要	i
ABSTRACT	iii
目錄	v
表次	ix
圖次	xiii
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	5
第三節 名詞解釋.....	6
第四節 研究範圍與限制.....	7
第二章 文獻探討	11
第一節 工程教育	11
第二節 工程設計能力	15
第三節 機器人教學	21
第四節 相關研究現況.....	25
第三章 研究設計與實施	29

第一節 研究架構.....	29
第二節 研究對象.....	31
第三節 研究方法.....	31
第四節 研究流程.....	33
第五節 實驗設計.....	34
第六節 研究工具.....	35
第七節 資料處理與分析.....	51
第四章 資料分析與討論.....	53
第一節 機器人教學對工程設計能力之影響.....	53
第二節 機器人教學對工程設計歷程之影響.....	57
第三節 工程設計歷程的分析.....	68
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
一、中文部分.....	100
二、英文部分.....	102

附錄	109
附錄一 學習單	109
附錄二 工程設計能力自我量表	110
附錄三 學生作品照片	113
附錄四 課後訪問紀錄單	114
附錄五 教案設計	115





表次

表 2-1 工程設計流程.....	18
表 3-1 本研究實驗設計.....	34
表 3-2 實驗組—機器人教學流程表.....	37
表 3-3 控制組—乒乓球發射器教學流程表.....	40
表 3-4 高中生工程設計力量表問題內容分配表.....	43
表 3-5 工程設計能力自陳量表結果摘要表.....	46
表 3-6 工程設計力量表因素分析摘要表.....	48
表 3-7 工程設計力量表信度分析摘要表.....	50
表 3-8 開放式編碼示例.....	52
表 4-1 組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	53
表 4-2 不同教學方式在工程設計表現-「限制」之共變數分析摘要表.....	54
表 4-3 不同教學方式在工程設計表現-「限制」之描述性統計量.....	54
表 4-4 組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	55
表 4-5 不同教學方式在工程設計表現-「預測分析」之共變數分析摘要 表.....	55
表 4-6 不同教學方式在工程設計表現-「預測分析」之描述性統計量.....	56
表 4-7 組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	56

表 4-8 不同教學方式在工程設計表現-「最佳化」之共變數分析摘要表	57
表 4-9 不同教學方式在工程設計表現-「最佳化」之描述性統計量	57
表 4-10 組內迴歸係數同質性考驗摘要表	58
表 4-11 不同教學方式在工程設計表現-「確認需求」之共變數分析摘要 表.....	58
表 4-12 不同教學方式在工程設計表現-「確認需求」之描述性統計量	59
表 4-13 組內迴歸係數同質性考驗摘要表	59
表 4-14 不同教學方式在工程設計表現-「定義問題」之共變數分析摘要 表.....	60
表 4-15 不同教學方式在工程設計表現-「定義問題」之描述性統計量	60
表 4-16 組內迴歸係數同質性考驗摘要表	61
表 4-17 不同教學方式在工程設計表現-「蒐集資料」之共變數分析摘要 表.....	61
表 4-18 不同教學方式在工程設計表現-「蒐集資料」之描述性統計量	62
表 4-19 組內迴歸係數同質性考驗摘要表	62
表 4-20 不同教學方式在工程設計表現-「產生想法」之共變數分析摘要 表.....	63

表 4-21 不同教學方式在工程設計表現-「產生想法」之描述性統計量	63
表 4-22 組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	64
表 4-23 不同教學方式在工程設計表現-「可行性分析」之共變數分析摘要表.....	64
表 4-24 不同教學方式在工程設計表現-「可行性分析」之描述性統計量.....	65
表 4-25 組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	65
表 4-26 不同教學方式在工程設計表現-「評估」之共變數分析摘要表	66
表 4-27 不同教學方式在工程設計表現-「評估」之描述性統計量.....	66
表 4-28 組內迴歸係數同質性考驗摘要表.....	67
表 4-29 不同教學方式在工程設計表現-「實踐」之共變數分析摘要表	67
表 4-30 不同教學方式在工程設計表現-「實踐」之描述性統計量.....	67
表 4-31 學生自然經歷工程設計流程之比例總覽（以小組數計算）....	85



圖次

圖 3-1 研究架構圖	29
圖 3-2 研究流程圖	33





第一章 緒論

本章內容分別闡述本研究之研究動機與目的、研究限制與待答問題。共分四節，第一節是研究背景與動機，第二節為研究目的與待答問題，第三節為名詞釋義，第四節則是研究範圍與限制。

第一節 研究背景與動機

一、 工程教育(engineering education)的重要性

在台灣的中等教育中，工程是一門蓄勢待發的學科。Dugger (1993) 曾經提出工程與科技的差異，他認為工程比起科技是更有科學、數學理論基礎的學科。以往的科技教育通常以嘗試錯誤的方式進行活動，但為了培養21世紀的關鍵能力，工程教育是近來各國逐漸追求的方向，過去十年以來，工程教育已經受到越來越多的關注 (Do, 2013)。

台灣中學工程教育的教學活動之目的，是藉由適當的教學策略與活動來增進學生的工程相關知識，進而提升學生對工程的興趣，以面對未來之所需。美國總統Obama (2009) 認為：「要鼓勵年輕人成為事物的決策者，而不只是消費的決策者」，意即為了面對未來，提升國家的競爭力，應當要培養年輕世代工程設計的能力，即是發明、製作、評估、改進相關的能力，而不是只能使用。工程設計的過程本身就是

發明造物的歷程，若適當的在生活科技課程中加入工程教育，便有機會培養學生工程設計能力。Rose, Gallup, Dugger, & Starkweather

(2004) 指出當工程與科技教育相互結合時，國家便可以有更大的競爭力來面對下一世紀的挑戰。Bybee (2013) 更直接點出高品質的工程教育與培養21世紀關鍵能力與維持全球競爭力之間有密切關聯。

雖然工程相關能力相當重要，但在台灣的中學教育環境，工程教育並不容易推動，林坤誼 (2014) 認為台灣的教育最常為人所詬病的便是過度著重在學科知識，這也使得中學的生活科技課程無法正常化教學，導致工程教育的推動依然有很大的瓶頸。

面對中學生活科技的困境，我們更應該想辦法結合熱門教材，並展現出本科目無可取代之處，目前教育環境中，許多機器人教學僅是強調程式的撰寫，如此對於工程並沒有幫助，運用機器人教導學生解決生活上問題的能力，教導學生生活上常見的機械結構，教導學生如何對機械做控制，這樣才能使未來高中端的工程教育有機會落實。因此本研究盼望利用熱門教材—機器人，結合工程教育，培養學生相關的能力，面對更多的挑戰。

二、工程教育為高中課綱主軸

十二年國民基本教育生活科技領域高中階段著重在「工程設計」，強調藉由工程設計的專題製作活動，提供學生跨學科、STEM 知識整

合的學習，藉此發展其在科技與工程領域的設計、創新、批判思考等高層次思考能力。其中機電整合的原理與應用是高中端重要的內容之一，學生可以透過教師安排的情境，設計製作流程並發揮創意，運用科學、科技、數學、工程的學科知識，利用機器人實踐創意構想，解決遇到的問題，這即是工程設計能力的展現。

在21世紀的今天，生活上面對的問題已經趨向複雜化，我們不能只是嘗試錯誤來解決問題，應該要教導學生擁有預測分析、最佳化，以及規劃流程的能力，才能夠面對這個時代的挑戰。本研究因應十二年國民基本教育課綱將工程教育列為生活科技課程高中端的主要走向，便以工程教育做為研究的主軸。

三、 機器人教學對於工程教育的必要性

Casad & Jawaharlal (2012)、李彥林、郭建新、胡蓉 (2010)、費躍農、邱建、李偉民、李福明 (2008) 等學者將機器人引入工程教學，認為這是相當切合工程教育的主題。機器人教學的優點在於學生不僅需要使用他們在科學、數學方面的知識，更必須動手製作機構、結構，挑選適當的材料與零件進行實作，達到知識與實作並重的目的。機器人教學提供學生實務製作的機會，機械結構的設計更是工程設計能力的體現。目前教育環境中，機器人教學定位尚未明確，且缺乏教育行政部門整體的規畫 (陳怡靜、張基成，2015)，許多教學僅是

強調程式的撰寫，並購買廠商開發的套裝車把每個功能使用過一次，沒有機構的概念，也沒有問題解決的理念，如此對於工程教育並無太大幫助。由於機器人比起其他傳統生活科技教材，有著更多材料、零件上的限制，學生因而更需要進行比較、評估、預測成效，所以本研究認為機器人比起其他教材，在工程教育上是有必要性的，工程教育落實，學生的工程設計表現就會逐步提升，也藉此確立使用機器人做為本研究探討工程設計能力的想法。

在台灣，工程教育的研究尚為數不多，在我們的教育環境裡面使用機器人教學是否會提升工程相關能力還有待近一步研究，本研究基於上述動機以及替台灣少有的工程教育研究貢獻一份心力，以機器人教學對於高中生工程設計表現之影響作為研究主題。

第二節 研究目的與待答問題

根據前節所述，本研究的目的與待答問題如下：

一、 研究目的

根據研究背景與動機，本研究欲達成下列目的：

- (一) 探討機器人教學對工程設計能力之影響
- (二) 探討機器人教學對工程設計歷程之影響

二、 待答問題

根據上述之研究目的(一)，本研究之待答問題如下：

- 1.1 機器人教學對學生的工程設計能力-限制是否有影響？
- 1.2 機器人教學對學生的工程設計能力-預測分析是否有影響？
- 1.3 機器人教學對學生的工程設計能力-最佳化是否有影響？

根據上述之研究目的(二)，本研究之待答問題如下：

- 2.1 機器人教學對學生的工程設計歷程-確認需求是否有影響？
- 2.2 機器人教學對學生的工程設計歷程-定義問題是否有影響？
- 2.3 機器人教學對學生的工程設計歷程-蒐集資料是否有影響？
- 2.4 機器人教學對學生的工程設計歷程-產生想法是否有影響？
- 2.5 機器人教學對學生的工程設計歷程-可行性分析是否有影響？

2.6 機器人教學對學生的工程設計歷程-評估是否有影響？

2.7 機器人教學對學生的工程設計歷程-實踐是否有影響？

第三節 名詞解釋

一、 機器人教學

機器人教學就是使用機器人做為教材的課程，內容結合機械結構以及電路整合，主要使用於教導學生機構與結構的概念，並教導學生運用各種電子零件以及感應器控制機器人的方法，以解決各項生活上可能會發生的問題。

本研究以任務導向營造出情境與目標，學生必須在限制中做出解決方案的評估、在機器人的運作上盡可能達到最佳效率，力求切合工程教育的重點。

二、 工程設計能力

工程設計能力就是工程教育活動中學生所應用的能力，根據Merrill, Custer, Daugherty, Westrick, & Zeng (2008) 提到的工程設計能力核心概念，包含限制、預測分析、最佳化等三大構面。

本研究發展出一份「工程設計表現量表」，讓學生以自陳式的方式進行工程設計能力的評量。

三、 工程設計歷程

工程設計歷程就是學生個體在學習工程概念的過程中所經歷過的階

段，根據Atman, Adams, Cardella, Turns, Mosborg & Saleem (2007) 所提出的工程設計歷程，分為十個階段。

為了呈現學生學習歷程的表現，本研究透過半結構式訪談問卷，作品，以及工程設計表現自我量表，進行觀察。

第四節 研究範圍與限制

本研究透過研究者設計之「乒乓球發射器-以樂高機器人作為教學工具」教學單元來探討機器人教學對高中生工程設計能力之影響。因為工程教育在台灣並沒有發展過量表，因此本研究試著發展一份量表，讓學生使用自陳式的評量，透過前後測對學生的工程設計能力進行測量。

一、 研究範圍

(一)研究變項

1. 機器人教材

本研究設計一教學單元「乒乓球發射器-以樂高機器人作為教學工具」教導學生工程設計相關概念，教學內容包含扭力、力矩、機械結構、控制等學科知識，並期盼建立一套完整的工程設計教學流程，包含設計、模擬、製作、評估、最佳化等工程設計流程，實踐工程教育。選擇樂高做為機器人教學工具的原因為整合度高，初

學機器人的學生較不容易感到困難。

2. 工程設計表現

本研究將工程設計能力與工程設計歷程的能力合稱為工程設計表現，Merrill(2008)提到工程設計能力主要有三個主題：限制、最佳化、預測分析，Atman等人（2007）提出的工程設計歷程分為十個步驟，這兩份文獻包含工程設計表現的要點，本研究並依此進行「工程設計表現量表」的發展，會使用這兩份文獻作為本研究主要的理論依據是因為與本研究主題「工程能力」相符，且引用的學者眾多，因此較為合適。

3. 學習表現

生活科技課程學習表現的構面繁多，本研究所提及之學習表現包含書面資料、作品兩大類。書面資料可分為學習單、檢核表；作品依照運作情形可分為造型、結構、功能性。

(二)教學單元

本研究之教學單元為樂高乒乓球發射器之製作，包含機械結構、機電控制兩部分。學生需藉由工程設計流程製作出一隻能行走於陸地的機器人，並有發射乒乓球的功能。根據學生蒐集資料的不同，在機械結構的部分可能會有不同的作品產出及結果。

(三)研究對象

本研究之研究對象為台北市某市立高中，生活科技教學正常化的學生，共4個班，144個人。

二、 研究限制

本研究使用樂高機器人，實施機器人教學並探討學生工程設計能力的影響，因受限於時間及人力等客觀因素，本研究結果推論有以下之限制：

(一)研究對象的限制

本研究以台北市的高中學生為研究對象，由於研究地區與研究樣本之限制，不宜將研究結果推論至所有的高中學生，只適合對情境相近的學生。

(二)教學硬體的限制

樂高機器人整合度高，也可使用藍芽進行搖控，可供遙控的載具包含智慧型手機、平板電腦，而各種載具的系統與等級皆不相同，例如ios對開發者較不友善，無法安裝非官方的app，android才是比較理想的作業系統，但不一定每位學生都有該系統的手機，甚至有學生可能沒有手機，這些因素都會影響到教師的教學。

將樂高機器人使用於教學研究上的案例在各高級中學逐漸出現，學生必須從程式開始學習，並學習程式運行的原理，相當適合

工程導向的生活科技課程，因此本研究在機器人教材的選用上採用
樂高機器人。



第二章 文獻探討

本章的目的在針對本研究工程教育、工程設計能力、機電整合教學及相關文獻加以探討，以建立本研究的理論基礎，全章共分為四節：第一節為工程教育、第二節為工程設計能力、第三節為機電整合教學、第四節為相關研究近況。

第一節 工程教育

一、 工程教育的定義

工程和科技兩者之間有著密切的關係，兩者在本質上都講求實用和目的（李隆盛、林坤誼、莊善媛，2006）。但在社會快速的變化之下，我們需要更多解決問題、處理大量資料、參與團體互動能力的人才，而這些能力都是工程相關的知識應用，而不是以往科技教育的問題解決。所以工程教育的定義旨在培養學生處理更龐大、更加複雜問題的能力，以面對快速進步的社會。

二、 台灣的工程教育

107年推動的十二年國教生活科技課綱高中部分以工程教育為主軸，強調工程設計的專題製作活動（十二年國民基本教育課程研究發展會，2015），其原因是由美國的STEM教育延伸而成。STEM教育的理念為整合科學、數學的學科知識，並透過科技與工程的方法進行實

作，藉此發展科技與工程相關領域的創新、設計、批判思考等能力，
（國家教育研究院，2014）因此工程相關概念正是STEM的核心。

Sanders（2008）提到工程教育的教學可以培養三項能力，分別是應用數學、科學、工程的能力，設計與實驗的能力，使用多學科知識的能力，顯現工程能力在生活中應用的廣度。多學科的課程在訓練工程師方面有很好的潛力（Sharma, 2017），Bybee（2013）在《The Case for STEM Education Challenges and Opportunities》一書中更提到高品質的STEM教育與培養21世紀關鍵能力與維持全球競爭力有密切關聯，意即工程教育在現代具有舉足輕重的地位。

台灣在2006年就已規劃選修科目「科技與工程」以協助對科學、科技或工程領域有興趣的學生，為未來的工程教育做準備，而在十二年國民基本教育高中端將要正式啟動。即使工程教育是中學生活科技課程未來的主要走向，但在台灣要能夠落實這樣的教學實屬不易，林坤誼（2014）認為台灣的教育最常為人所詬病的便是過度著重在學科知識，生活科技課程受重視的程度並不高，為了要突破這樣的困境，比起以往嘗試錯誤的教學方式，具結構性流程的工程教育更能培養學生精準的選擇最適切解決方案，來面對日常生活問題，更能凸顯這門科目的重要性。

三、工程教育教學模式

工程教育的重點在於建立學生自身經驗，並設計問題或困境，讓學生依據建立的經驗，做出詳細的規劃與預測，擬定解決問題的最佳方案。

因此本研究在教學使用6E教學模式，此教學模式是Burke（2014）提出，共分為六大步驟。六個步驟的中文譯名主要參考張玉山，楊雅茹（2014）所撰寫的STEM教學設計之探討一文，並經詞句美化後得出，這六大步驟分別如下：

1. 概念導入（Engage）：使用講義、投影片等教學工具等，引起學生的好奇和投入。教師可以透過提問，連結學生之前的學習經驗與知識，並進一步評估學生的能力以決定教學內容的深淺。學生則大略認識本單元的主要概念、確認瞭解學習的內容為何，並設定學習目標、接觸教材及設備。
2. 自身理解（Explore）：教師利用經過設計的課間活動，提供學生建構自身學習經驗的機會。在此階段，教師可以使用提問引導學生思考問題，鼓勵學生參與討論及小組合作。學生則藉由參與，累積、建構自身的知識。
3. 解釋與定義所學（Explain）：在課程經過一大段落後，教師透過提問確認學生對於課程目前的認知程度是否正確。學生解釋所學到的東

西，並藉由教師的建議加以改良。

4. 工程 (Engineer)：學生運用所學知識，將概念、技術、及態度應用到主要問題，以獲得更深的理解。這個問題可以是教師刻意設計的，也可以是此領域容易碰到的瓶頸，教師在此階段介紹設計與資源的概念及其互動，說明設計的程序並提供相關資源，引導學生在工程設計與探究中學習。若學生在此階段能夠對應問題，提出解決方案，便是對於教師教學的單元有著較深度的理解。

5. 深化經驗 (Enrich)：讓學生做更深入的學習，以便將所學應用到更複雜的問題。教師提供資源，或提供整合性、複合性的題目，例如進階版本的綜合題型，讓學生將目前所學的知識與概念作新的應用。

6. 評量成果 (Evaluate)：讓師生雙方瞭解學習的效果。在研究過程中，教師通常利用前測工具測知學生的學習需求和不足，而在一連串的教学步驟後，利用後測工具確認學生是否達成學習目標，完成形成性與總結性評量。

工程教育將會是中學生活科技未來的主軸，其教學方式有別於以往嘗試錯誤的方式，以模擬、預測分析、最佳化等概念為主，學習者可以透過各種不同的方式來學習 (Driver, et al., 1994；Tsai, 1998a, 2001；Driver & Bell, 1986) 更能建立學生結構化的問題解決思考模式，是21世紀維持競爭力重要的關鍵能力。

第二節 工程設計能力

一、工程設計能力的意涵

NCETE (the National Center for Engineering and Technology Education) 在工程設計領域提出三個核心能力，這三個工程能力為限制 (Constraints)，最佳化 (Optimization) 和預測分析 (Predictive Analysis)，簡稱 COPA。COPA 是工程設計概念性知識的核心(Merrill, Custer, Daugherty, Westrick, & Zeng, 2008)。

以下就這三個工程核心概念加以詳列：

(一)限制

限制的概念通常在構思流程前就要進行，意義為要求學生考慮成本、經濟性、可行性、時間、材料和環境影響等因素，學生要能將設計活動的限制在一開始就納入考量，以幫助自己發展出可行的解決辦法。這個過程可以幫助學生更快速且明確地思考出解決辦法 (Jin & Chusilp, 2006)，若是一名專業的設計者，可以透過「限制」這個步驟，搭配自己過去的經驗使自己迅速的從確認問題前進到解決方法(Middleton, 2005)。倘如這個過程能夠熟練，學生在設計作品製作流程時就可以很快排除不適合的方向，找到較好的設計方法或解決方案。

(二)預測分析

預測分析的概念通常在構思中後進行，Eekels(1995)提到在工程設計過程中，若發現某個行動的預測成果是不如預期的，通常會放棄此行動，而再設計另一個動作，但如果沒有進行預測分析，在行動時就只能以嘗試錯誤的方法進行。嘗試錯誤是在學生在生活科技教育中最常見的製作方式，一般在課堂上，通常不會使用數學分析工具當作設計的概念(Lewis, 1999; Merrill, 2001)。但同一個主題必定存在著許多不同的設計和方法來解決問題，必須有計畫有步驟的執行，否則將面臨無休止地徘徊在尋找一個解決方案的可能性(International Technology Education Association, 2000)。

(三)最佳化

最佳化的概念通常在構思結束後進行，目的是要達到「最好」的設計，欲達到這個目標需要考慮許多因素，包括生產力、強度、可靠性、效率、利用率及使用年限等。為了產生最好的設計，工程師在設計過程期間必須考慮到每個因素，並投入相當程度的技術和管理，以決定最後的目標，將不良的效應減到最小，並使合乎需要的效應最大化(Ertas & Jones, 1996)。

根據Arora(2004)，一個問題的構想過程大約需要花費它的總努力的50%，最佳化的過程可以幫助設計者正確地規劃出解決問題的

方式，絕對是工程設計中至關重要的部分。

綜上所述，工程設計能力包含限制、預測分析與最佳化三大要素，並強調「先思考，後執行」，以預測分析為主軸，而不是嘗試錯誤的過程。

二、工程設計能力教學與評量

(一)工程設計能力的教學

Zuga (2007) 提到STEM四個學科的關係就像三明治一般，數學、科學是旁邊的白吐司，不可或缺，但只是為了襯托出中間的內容物；工程、科技便是中間的肉，是整個三明治的核心。這代表工程是一個整合性的科目，以數學、科學做為知識基礎，運用結構化的流程進行教學。

在教學的部分，Atman等人(2007)提出的工程設計流程，是當面對一個複雜的問題時，可以採用的十個建議步驟，可以做為教學重點的參考。其步驟與說明詳列如下表2-1。透過工程設計流程，教師與學生可以在面對工程導向的活動時，更清楚知道如何有結構地進行，且此流程不但以工程教學活動為主，成員的互動也被列入其中，例如其中一道環節就是小組間的溝通與協調。

表 2-1 工程設計流程

步驟	說明
1.確認需求	確認需要解決的問題，以及其條件。
2.定義問題	列出機構、結構、功能等會遇到的問題。
3.蒐集資訊	利用書籍、網路找尋相似的範例。
4.產生想法	藉由參考範例為基礎，提出可實行的做法。
5.建構模型	依據想法，用簡易材料建模。
6.可行性分析	分析構造上的可行性，確認符合需求。
7.評估	分析構造的優缺點。
8.決定	從範例中選出最適合的方法。
9.溝通協調	進行小組討論，並提出改進的方法與建議。
10.實踐(製作)	實際製作並觀察執行結果，提出成功或失敗的因素做修正。

不過工程教育不容易有效的教育與管理 (Do, 2013)，因為不同年級的學生能力會有顯著差異，甚至同齡的學生水平都不一定相同。再來學生並不如專家有著充足的經驗與歷練 (Akagi, 2015)，要學生初期就有好的表現並不容易。

(二)工程設計能力的評量

Merrill (2008) 提出的限制、預測分析、最佳化三大核心概念即是評量學生工程設計能力時最主要的構面。而 Atman (2007) 提出的工程設計流程，由於步驟較為詳細，且構面能與限制、預測分析、最佳化等三個核心概念相呼應，因此可以將工程設計流程的步

驟做為次要構面，設計出對應的研究工具。

而工程設計的相關理論可以讓我們瞭解到，進行一個工程思考活動的當下，可以從何著眼判斷學生的工程設計能力，為了解學生工程設計能力的高低。Dym（2005）提出了工程設計思考的五個特徵，特別著重在「設計」，包含：

1. 設計思想作為發散收斂的質疑
2. 關於設計系統的思考
3. 作出設計決定
4. 在團隊環境中的設計思想
5. 工程設計語言

Paul（2007）更直接提出了工程設計的檢核表，包含設計作品、設計過程、溝通、團隊合作四個要素，若學生在這四個要素的表現都相當亮眼，表示學生的工程設計能力在一定水準之上，並具有高層次的思考能力以及面對當代挑戰的實力，詳細內容如表2-

2。

表2-2 Paul (2007) 工程設計檢核表

主要構面	次要構面	說明
過程	定義問題	能說明問題的性質(如材料、功能)。
	識別問題	能辨別問題的特性以便於解決。
	依照需求構思 解決方案	對於不同的解決方案，能考慮到相關者(教師、學生)的需求。
	構思解決方案	能草擬問題可能的解決方案。
	發展預測模型	能預測解決方案的結果。
	生產	能利用簡易材料(如：風扣板)實踐預測方案。
	系統結構	規劃出來的流程是一步接一步的。
	循環	規劃出來的流程是環狀、不斷重複的。 (例：設計→規劃流程→評估→最佳化，每個不同的解決方案都可以按這個步驟重複執行)
社會性	提高質量	設計出來的方案，要能提升機器人的品質。
	安全性	解決方案應能滿足社會的安全需要。
	關懷	解決方案應滿足相關者的需求，或有關社會議題關注。
工程屬性 的了解	小組討論	解決方案是否經由討論確認符合成員需要。
	預測元件	能利用數學或科學應用於預測。
	運算分析	能利用數學進行手臂機構運作的運算。
	美感	機器人要有造型或外型上的設計。
	分析	能將機器人每個部件及功能進行分析，確認可行性。
	限制	能在指定的預算或材料內進行設計。
	最佳化	能透過測試，想辦法讓機器人的運作更有效率，減少資源與時間的浪費。
	具邏輯的	設計方案能遵循結構化、系統化的設計過程。
評估	文案	能夠透過學習單記錄設計步驟、規劃流程的內容。
	整合文案	能將設計步驟、規劃流程的相關內容整合寫在學習單上。
	繪圖	能將解決方案的設計圖繪出。
	限制	在預算及材料的限制上，能評估解決方案是否能執行。
	製造與原型	能製作出作品，向老師與同學展示。

綜上所述，工程設計的教學與評量便是以數學、科學的知識做為基礎，運用工程與科技的方式，設計不同的問題，讓學生能夠運用自身所學，透過結構化的流程來擬定解決方案。

三、工程設計能力的重要性

Bybee (2013) 指出高品質的工程教育與培養21世紀關鍵能力與維持全球競爭力之間有密切關聯。工程設計能力代表了一名學生面對複雜問題時，其規劃與解決能力的強弱，這些能力在今日非常重要，而培養這項能力的搖籃將是中學的生活科技課程。Rose等人 (2004) 指出當工程與科技教育相互結合時，國家便可以有更大的競爭力來面對下一世紀的挑戰，即顯現工程設計能力的重要性。

本研究以三個工程核心概念「限制、最佳化、預測分析」為主要構面，將「工程設計流程」中的十個步驟依照台灣現場教學狀況及資深生活科技教師建議，將部分步驟合併，成為七個步驟的流程，並做為次要構面，編製針對高中生的「工程設計能力量表」，進行預試，欲評量學生機器人工程概念學習成效。

第三節 機器人教學

機器人教學正是使用機器人做為教材，教導學生機械結構原理與機電整合控制方法。對邏輯思考能力與應用能力的培養有所幫助，是台

灣十二年國民基本教育生活科技重要的教材，盼藉由機器人的教學提升高中生工程設計的能力。

一、機器人的重要性

Wilson (2010) 提到由於近年來勞動力成本，以及對技術的要求越來越高，機器人的重要性已經日益凸顯，且會是未來的主要產業 (Yoo, 2015)。機器人可以運用在各行各業，包含食品的生產、危險環境的探測、精密且不失誤的操作等，必然是未來一大趨勢。Casad 和 Jawaharlal (2012) 以機器人製作來引入 STEM 教學，認為機器人教學是工程教育適切的主題，學生不僅學習工程知識，還開發解決問題的能力 (Makino, 2012)。由於機器人的教學包含結構、控制、結構化的流程、複雜問題的解決，這些步驟都可以培養學生的工程設計能力，因此機器人在近年來逐漸變成火紅的教材。

台灣在新頒布的十二年國教課綱生活科技課程部分，高中端的主軸為工程設計，而其教學內容正是機器人與控制的設計應用 (十二年國民基本教育科技領域課程綱要委員會，2015)。足以顯見機器人不僅在業界占有舉足輕重的地位，在未來的生活科技課程也是主要課程之一。機器人走入中小學是時代的趨勢，這個課程可以培養學生的統整能力、創造力及問題解決能力，為了迎接機器人時代的來臨，需從中小學的機器人教育開始 (陳怡靜、張基成，2015)。

二、 機器人教學的現況

目前中小學多數學校仍以校本課程、社團或營隊活動進行機器人教學，多以生活科技或資訊科技專長的老師授課（陳怡靜，2012）。在高中生活科技課程中，機器人教學從純粹的控制，到這一、兩年已經轉變為以機械結構為主、控制為輔的課程。從網站及相關文獻得知，各校為了發展機器人課程，需採購教育機器人設備，各校年度設備費不足，需積極爭取各項競爭型計畫，如高瞻計畫、高中優質化、均質化等專案計畫，以充實教育機器人設備來進行機器人課程（陳怡靜，2012；林建良等人，2013）。

Casad（2012）在STEM的課程中以機器人作為主要教材，Eguchi（2016）提到學校透過培養學生參加青少年機器人世界盃（RoboCupJunior）來增加STEM學科的經驗，且能更有效提高學生學習機器人的意願（Akagi, 2015），台灣在新課綱上也明確列出機器人教學是核心教學內容，這樣的趨勢讓機器人教案越來越豐富。

目前常見的機器人教材有樂高的動力機械套件，內含主機、馬達、積木，可以輕鬆做出許多機械結構。而開源的 Arduino 可以結合 3D 列印、雷射切割來製作出不同的機械結構組件，自由度更高，也是相當熱門的教材。

三、 機器人教學的內涵

機器人教學的內涵便是能夠教導學生「機械結構」與「機電整合」的概念，是多科目合併的概念（Akagi, 2015）。機械係指能利用能量達成某種特定目的的裝置，可以幫助人類省力或加快速度，使操作更方便，以降低工作的難度（American Heritage Dictionary, 2012）。機械一般由單一或複數個具有特殊功用的機構組成，能使機構做出特定形式的動作，常見的動作如直線、圓周、搖擺、直線往復等運動。在機器人教學中，機械結構通常藉由馬達的運轉來進行動作，有時更搭配齒輪、蝸桿，改變力的方向，讓機械結構做出更多變化。

機電整合(Mechatronics)一詞是由機械的英文 Mechanical 及電子的英文 Electronics 兩個字組合而成，在台灣譯為「機電整合」，在日本則稱為「電子機械學」，它是於 1969 年首先由日本川崎電氣公司一位資深工程師 Tetsuro Mori 先生所提出，一直被應用至今（吳向宸、林毅欽、李浩榕、李振發，2013）。

機電整合的範圍極為廣泛，以工具機為例，早期工具機的構成，離不開機架、移動或轉動零件、動力傳動機構、夾持機構以及更重要的動力來源—馬達。現代的工具機使用伺服馬達作為驅動動力，使用精密滑軌作為平台的移動基座，使用位置感測器、監控刀具及轉軸的移動位置，更以電腦作系統整合，將工具機作精密的控制，使機械製

造，更為準確、快速，並以通訊技術，將整廠設備整合，甚至遠端遙控設備，達到智慧化工廠。機電整合的目標是達到設備的功能要求，以及達到設備之間的連結，而在人類使用感測器及積體電路零件後，機電整合逐漸走向智慧化，直至今日變成了機器人。

近年的機器人教材，以一片主控板搭配多個相異功能的感測器為主，可以偵測環境中許多不同的細節，包含專業知識、程序編寫、調整與測量、創新製作等（費躍農等人，2008），因此便可以設計問題情境，讓學生運用機器人套件來解決，不僅訓練其邏輯能力、培養問題解決的能力，更能培養信息素養、知識與技能、思維與方法（李彥林等人，2010）提升學生工程相關的知能。

第四節 相關研究現況

教學工具是教學內容中重要的一環，善用適合的教學工具能幫助教師進行教學和引導學生進行學習，進而培養學生相關的能力。近兩年間機器人與工程教育的連結的案例已相當多，有不少學者針對這兩者間進行了相關的研究。

一、工程設計相關研究

Balaji（2015）提到工程領域的專家在每一個國家的發展都起到至關重要的作用，因此培育工程師已成為當務之急，要培養出有能力的

工程師，就要從學校的工程教育開始落實。Jurgis (2015) 也認為工程教育主要面對的是廣泛環境的問題，包括科學、科技、經濟、法律、社會與文化方面的行動、提出解決方案與實際解決問題的能力，比起其他學科已經是不同層次的涉略，若再進一步跳脫學科來探討，環境、職業道德與行為、健康與安全都會是相關的範疇。

二、機器人教學相關研究

機器人教學結合了 STEM，需要學生運用他們的學科知識來讓機器人進行工作，這樣的教學內容會是幫助學生在工程能力提升上的重大關鍵，學生也會對控制理論的應用很有興趣 (Kapitonov, 2014)。Daniel (2016) 提到機器人主要用於培養學生知識應用於技術上的能力，以及規劃歷程的技巧，Akagi (2015) 提到機器人是有效學習工程領域基礎知識的方法。許多教學方法大多都是以理論為導向，根據教師和學生互動完成知識的轉移。但機器人教學不同，其著重讓學生透過動手與實驗來增進自己知識、技能的潛力。Nugent (2016) 提到機器人的營隊、社團、競賽正積極影響年輕學子 STEM 的知識與態度，甚至 STEM 學科相關職業的興趣，他認為透過機器人活動的參與，學生的問題解決能力有相當的提升。Eguchi (2016) 也提到學生在機器人接觸機器人，並參與相關競賽的情況下，不僅提高了 STEM 知識的內容，在學習效率、創新以及創造力的表現也顯著提高，Yoo (2015) 提到韓國

重視機器人教育的情形，並說明在往後十年，機器人競賽想必對於工程教育是有正面影響的。

不僅以學生端著眼，Kim (2016) 更提到針對工程科目職前教師的訓練，機器人可以帶來許多正面的影響，包含職前教師在 STEM 的經驗累積相對較有效，其對於訓練課程的投入意願比起其他教材也高上許多，顯現機器人做為教學工具，可以提升學員對 STEM 的正面態度。

以上相關文獻可知，工程人才的多寡會影響一個國家發展的程度，而機器人是工程教育的重要教材之一，做為工程學科的入門相當適合，不但可以培養學生將知識運用於實務的能力，更可提升學生解學複雜問題的能力、訓練其結構化思考的能力。在 107 年推動的工程教育，以機器人做為主要的教材會是相當光明的決策。



第三章 研究設計與實施

本章分為七節，說明本研究使用的研究方法，其中包括：研究架構、研究對象、研究方法、研究設計與流程、研究工具、資料處理與分析等七個部分。

第一節 研究架構

本研究旨在探討機器人教學對學生工程設計能力之影響。本研究文獻探討，分析機器人教學的教學策略以及單元主題，並透過工程設計的流程安排教學活動，發展一份「工程設計表現自陳量表」，透過前後測的方式，探討機器人教學對學生工程設計能力之影響。本研究之研究架構如圖3-1所示：

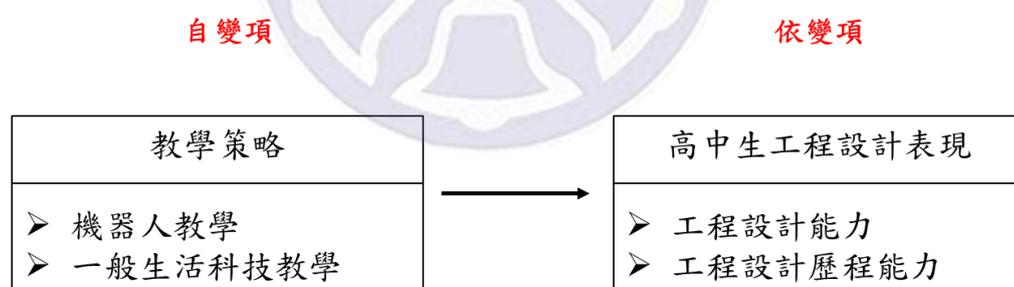


圖3-1 研究架構圖

一、自變項

本研究的自變項為機器人教學，以實驗設計來操作，分為機器人教學（實驗組）及一般生活科技教學（控制組）。機器人教學即是以樂高機器人做為主要教材；一般生活科技教學則是以生活科技常見的材

料與機具作為教學工具。兩者都是以6E教學模式進行教學，並以乒乓球發射器作為教學主題。

二、依變項

依變項為高中生工程設計表現，依照COPA三大工程核心概念，分為限制、最佳化、預測分析三大構面，以及工程設計歷程簡化而成的確認需求、定義問題、蒐集資料、產生想法、可行性分析、評估、實踐七個構面，並以「工程設計表現量表」做為評量工具。

其中工程設計歷程原有十項歷程，本研究將「建模」融入「可行性分析」，「決定」融入「評估」，而因學生會以小組進行活動，必然會經歷「溝通協調」的過程，所以僅以事後訪問的方式了解學生合作的情形。

因此本研究的目的是瞭解機器人與傳統教案對於學生工程設計能力的影響是否有顯著差異。其中教師的教學能力以及教學策略都會調節機器人教學與工程設計能力的關係，但由於授課老師相同，使用的教學策略也會一樣，故本研究不探討這兩項會如何影響機器人教學與工程設計能力的關係。

第二節 研究對象

本研究之研究對象包含預試對象以及實驗對象。

一、 預試對象

本研究發展之「工程設計能力自陳量表」以台北市立某高中之學生做為對象，包含男生77人，女生90人，共計167人，進行「工程設計能力量表」的預試。

二、 實驗對象

本研究之機器人教學以144名高中學生做為對象，分為實驗組73人，控制組71人。共計八週十六節課，一節課50分鐘。並選擇生活科技正常教學的班級，確保研究對象平時都有正常化的生活科技課程，才可透過前後測得知學生能力進步的程度，以求得到較真實的回饋。

為避免研究對象態度產生霍桑效應與強亨利效應，對實驗內在效度產生影響，實驗過程中均不會告知學生正在進行實驗。

第三節 研究方法

本研究旨在研究機器人教學對高中生工程設計表現之影響。因此，本研究首先透過文獻分析，加以歸納、分析、整理相關理論及其內涵，作為本研究之立論根據。第二步驟透過邀請專家於教材發展過程中給予意見與修正建議，確保教材發展之品質。第三步驟乃使用本研究發展教材進行教學之學生做量表的填寫，利用教學中教師蒐集的所

有資料，評估學生量表數據的可信程度，並驗證機器人教學對於高中生工程設計表現之影響。

本研究將研究對象分為實驗組與控制組，以本研究的「工程設計表現量表」問卷對兩組學生施以前測，接著對實驗組實施機器人教學；對控制組實施一般生活科技課程教學，並以同主題，同樣教學模式進行，會使用6E探究教學法的原因是經過研究證實，此教學方法能加強STEM教育成效。當進行相同時數的教學後，再以「工程設計表現量表」問卷對兩組學生進行後測，探討機器人教學對學生工程設計表現的影響，與一般生活科技課程是否有差異。

一、文獻分析法

本研究首先從相關文獻進行分析、歸納及統整，並蒐集國內、外相關期刊、研究報告、論文及相關網站資源等文獻，確認高中機器人教學以及工程設計能力相關的教學單元、教學理論和教學設計模式。

二、實驗研究法

本研究採用準實驗設計中的不等組前後測設計，在進行機器人教學前先以「工程設計表現自陳量表」對學生施以前測，並在教學結束後施以後測，探討機器人教學對高中生工程設計表現之影響。

第四節 研究流程

本研究以量化方式了解機器人教學對高中生工程設計表現影響之關係。研究流程依序為決定研究主題設立研究目的、設計教學活動、確認量表工具、進行預試、進行教學活動與測驗、資料整理與分析及撰寫報告，本研究流程如圖3-2 所示：

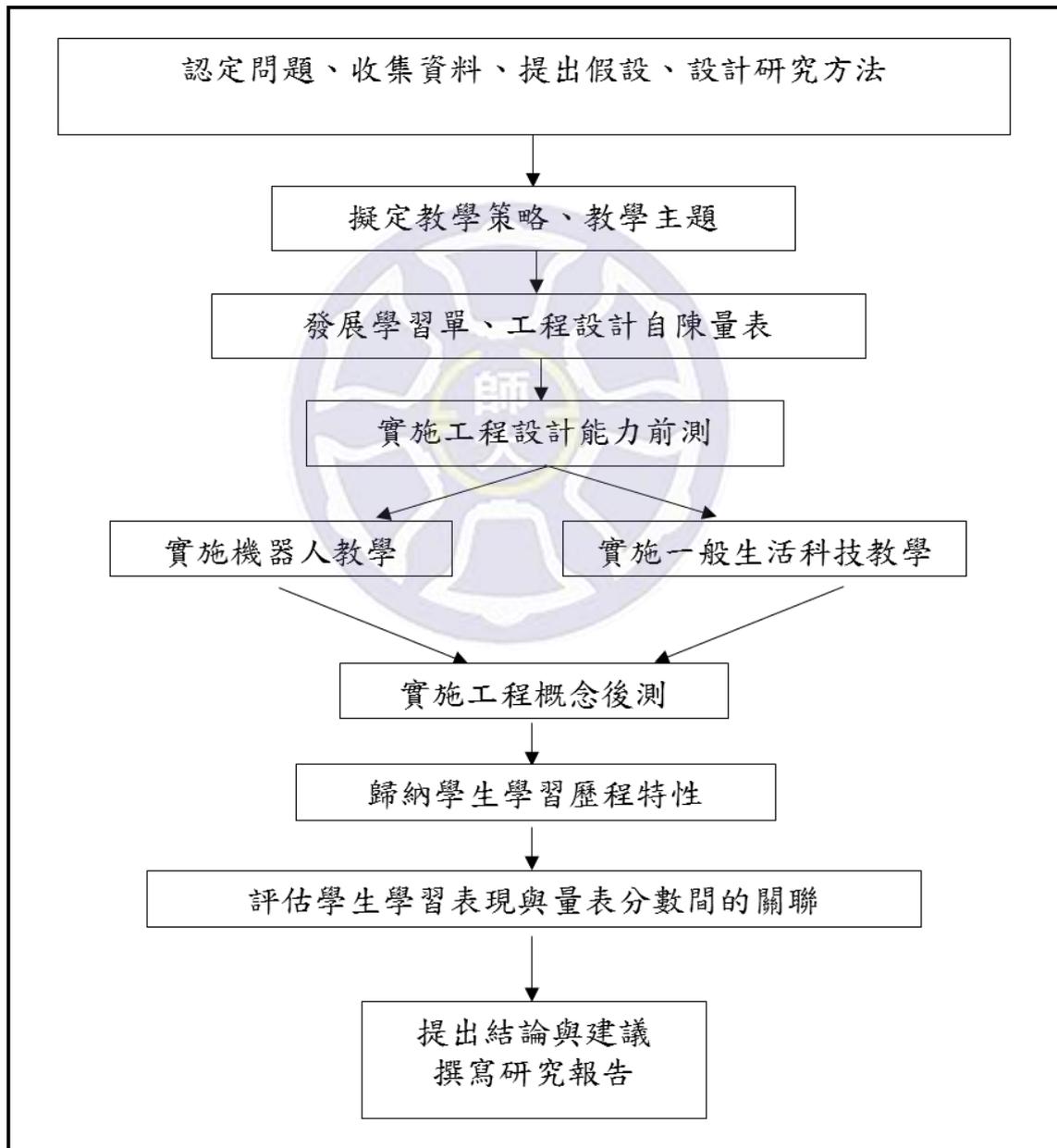


圖3-2 研究流程圖

第五節 實驗設計

本研究從常態編班的高中學生之中，採用隨機方法抽取4個班級，再用隨機分派的方式將這些班級分為實驗組和控制組。在實驗前，兩組學生均接受本研究的評量工具的前測驗（ O_1 、 O_2 ），然後在實驗組以6E教學策略進行主題單元之機器人教學（ X_1 ），在控制組也以6E教學策略進行一般生活科技教學（ X_2 ）。在經過8週的教學後，即讓學生再接受評量工具的後測驗（ O_3 、 O_4 ）。最後將兩組前後測成績加以比較，以瞭解實施機器人教學的成效。

為達到本研究的研究目的，本研究採取不等組準實驗設計中之前後測實驗設計。實驗設計如表3-1所示：

表 3-1 本研究實驗設計

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	O_1	X_1	O_3
控制組	O_2	X_2	O_4

X_1 ：表示實驗組接受機器人教學的實驗處理

X_2 ：表示控制組接受一般生活科技教學的實驗處理

O_1 、 O_2 代表兩組學生接受工程設計表現量表的前測

O_3 、 O_4 代表兩組學生接受工程設計表現量表的後測

第六節 研究工具

本研究所使用的研究工具有兩個，分別為機器人教學單元，以及工程設計能力自陳量表。

一、教學活動設計

(一)教學策略

本研究探討機器人教學對學生工程設計能力的影響，實驗組所採用的教學單元為「乒乓球發射器—以樂高機器人作為教學工具」。由於一台完整的機器人兼具機構、外觀、程式控制，既可以使教學理論發揮於實作中，亦可對學生進行工程設計的教學，因此以機器人做為教材，其主要學習內容為製作能行走，並擁有抬升、發射功能的機械手臂的機器人，並讓學生發揮其蒐集資料與評估的能力。

控制組的教學單元為「乒乓球發射器—以一般生活科技材料作為教學工具」，教導學生機械結構的知識並實際製作，目的是讓學生能夠了解機構運行、材料應用、機具使用的原理。

(二)教學工具

本研究依照不同教學內容分為實驗組與控制組，實驗組採用機器人作為教學的工具，學習樂高機器人的使用，最終組成一台具有機械結構的機器人，使用程式對其控制。控制組的學生將以常見的

生活科技機具與材料製作乒乓球發射器，作為教學內容。

(三)教學流程

本研究依據第二章文獻探討所架構的6E教學流程，加以規劃並發展教學活動，本教學活動上課時間預計為期8週，每週2節課，每節課50分鐘，共計800分鐘。

主要教學流程皆依照Burke（2014）提出之6E教學流程進行，原因是學者們認為此教學流程能加強STEM教育成效，因此比起其他教學流程，6E教學流程更適合用在工程教育上。實驗組教學詳細步驟與內容如表3-2所示；控制組教學詳細步驟與內容如表3-3所示。

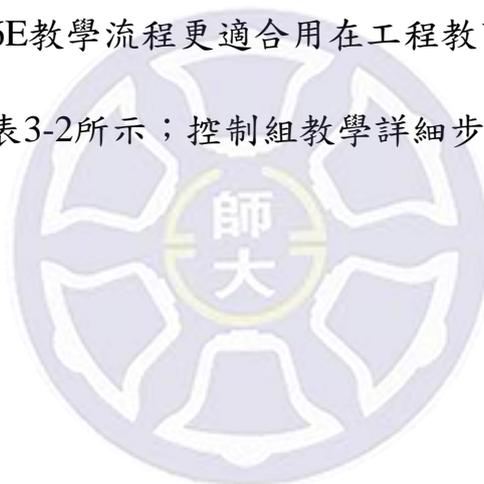


表 3-2 實驗組—機器人教學流程表

時間	6E 教學流程	實驗組(機器人教學)	時間分配
第一週	概念導入	1.展示樂高機器人成品，簡單介紹本教學活動會用到的機器人零件與積木。 2.詢問學生的了解程度與過往的使用經驗。	講授教學 20 分鐘 活動時間 30 分鐘 組裝車體 40 分鐘
	自身理解	1.提供簡單範例，帶入小活動請學生跟著拼裝，藉此了解材料特性。 2.將基本車組裝好。	
第二週	概念導入	1.主機使用教學 2.程式撰寫概念講解 3.馬達指令教學。 4.學生解題時從旁視情況導引思考。	講授教學 30 分鐘 活動時間 50 分鐘 收拾清點 10 分鐘
	自身理解	1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。 2.教師說明任務讓學生解決。	
第三週	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 30 分鐘 活動時間 50 分鐘 收拾清點 10 分鐘
	概念導入	1.馬達指令教學。 2.觸碰感應器指令教學。	
	自身理解	1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。 2.教師說明任務讓學生解決。 3.硬體問題的排除。	
第四週	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 30 分鐘 活動時間 50 分鐘 收拾清點 10 分鐘

	概念導入	1.觸碰感應器指令教學。 2.port view 功能教學。 3.超音波感應器教學。	
	自身理解	1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。 2.教師說明任務讓學生解決。 3.硬體問題的排除。	
第 五 週	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 30 分鐘 活動時間 50 分鐘 收拾清點 10 分鐘
	概念導入	1.超音波感應器指令教學。	
	自身理解	1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。 2.教師說明任務讓學生解決。 3.硬體問題的排除。	
	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 20 分鐘 活動時間 60 分鐘 收拾清點 10 分鐘
第 六 週	自身理解 工程 深化經驗	1.教師提供綜合題型，讓學生可以統整目前所學，運用自己覺得最適合的方式。 2.教師在學生解題時從旁視情況導引學生思考。 3.公布最終主題：乒乓球發射器。	
第 七 週	自身理解 工程 深化經驗	1.綜合題型練習。 2.教師說明乒乓球發射器競賽相關規則。 3.學生討論&練習組裝。	講授教學 10 分鐘 活動時間 60 分鐘 收拾清點 20 分鐘

第
八
週

評量成果

- 1.評量學生的乒乓球發射器。
- 2.進行半結構式訪談問卷填答。

本節課評量成果



表 3-3 控制組—乒乓球發射器教學流程表

時間	6E 教學流程	控制組(生活科技教學)	時間分配
第一週	概念導入	1.展示乒乓球發射器成品，簡單介紹本教學活動會用到的材料、工具與機具。 2.詢問學生對於生活科技材料與工具的了解程度與過往的使用經驗。 3.生活科技常見機具介紹&教學。	講授教學 50 分鐘 活動時間 30 分鐘 整理環境 10 分鐘
	自身理解	1.分組討論乒乓球發射器的設計	
第二週	概念導入	1.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學。 2.學生製作時從旁視情況導引思考。	講授教學 25 分鐘 活動時間 55 分鐘 整理環境 10 分鐘
	自身理解	1.學生製作「發射管部分」	
第三週	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 25 分鐘 活動時間 55 分鐘 整理環境 10 分鐘
	概念導入	1.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學。 2.學生製作時從旁視情況導引思考。	
第四週	自身理解	1.學生製作「發射管部分」。 2.排除機具使用的限制與問題。	
	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 25 分鐘 活動時間 55 分鐘 整理環境 10 分鐘
第四週	概念導入	1.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學。 2.學生製作時從旁視情況導引思考。	
	自身理解	1.學生製作「發射管部分」。 2.排除機具使用的限制與問題。	

第 五 週	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 25 分鐘 活動時間 55 分鐘 整理環境 10 分鐘
	概念導入	1.教師提供其他部分的眾多範例供學生參考。 2.教師說明乒乓球發射器競賽規則。	
	自身理解 工程 深化經驗	1.學生製作「發射管部分」。 2.學生製作其他部分(如：腳架)，並思考如何與發射管結合。 3.學生根據需求設計各式機構。 4.排除機具使用的限制與問題。	
第 六 週	解釋與定義 所學	1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。 2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。	講授教學 10 分鐘 活動時間 70 分鐘 整理環境 10 分鐘
	自身理解 工程 深化經驗	1.學生調整「發射管部分」 2.學生製作其他部分(如：腳架)，並思考如何與發射管結合。 3.學生根據設計製作各式機構 4.排除機具使用的限制與問題	
	自身理解 工程 深化經驗	1.學生針對作品做細部調整 2.排除機具使用的限制與問題	講授教學 10 分鐘 活動時間 70 分鐘 收拾清點 10 分鐘
第 八 週	評量成果	1.評量學生的乒乓球發射器 2.進行半結構式訪談問卷填答	本節課評量成果

(四)評量方式

本研究在課程進行期間所使用之學習成效評量工具包含半結構式訪談問卷、作品實測成績、作品本身設計。

二、工程設計表現自陳量表

本研究採用之工程設計表現自陳量表，是以Merrill等人在2008年所提出的工程設計領域三大核心概念，簡稱COPA為基礎。

在工程設計表現自陳量表的部分，本研究設計41題工程概念試題，以台北市立某高中的學生共167人為預試對象，共回收有效問卷145份，男生66份，女生79份。將「工程設計能力自陳量表」有效問卷之數據輸入電腦之後，即以電腦統計套裝軟體SPSS22.0 for Windows進行「項目分析」、「信度分析」、「因素分析」。

(一)量表內容

本研究所使用之「工程設計表現量表」，包含Merrill (2008)提出的COPA三個核心概念，「限制」、「最佳化」、「預測分析」，以及Atman (2007)提出的工程設計流程之中七個流程，分別是「確認需求」、「定義問題」、「蒐集資料」、「產生想法」、「可行性分析」、「評估」、「實踐」，構面分類與問題設計經三位資深生活科技教師修改並認可，詳細如表3-4。

表 3-4 高中生工程設計能力量表問題內容分配表

題 能 歷	題	非	不	普	同	非	反		
號 力 程	目	常	同	通	意	常	向		
		不	意			同	題		
		同				意			
1	限制	確	我在製作前會先確認作品的功能，再進行設計與規劃。	1	2	3	4	5	
2		需	我在製作前會先確認能使用的材料種類與數量。	1	2	3	4	5	
3			我在製作前會先確認能使用的工具。	1	2	3	4	5	
4			我會找同學或老師確認任務所給的限制。	1	2	3	4	5	
5			我時常製作到一半才會思考要如何把作品的功能結合進來。	1	2	3	4	5	A
6	定義	問	設計作品之前，我會先定義出面臨的問題(例：如何讓發球裝置連發、如何一次只發一顆球)。	1	2	3	4	5	
7	題		設計作品之前，我會先定義出面臨的限制(例：材料費限制 500 元以內)。	1	2	3	4	5	
8			設計作品之前，我通常先不管材料或金錢上的限制。	1	2	3	4	5	B
9	蒐集		設計作品之前，我會利用書籍、網路等資源找尋需要的資訊。	1	2	3	4	5	
10	資料		設計作品之前，我會去網路上搜尋範例作品。	1	2	3	4	5	
11			設計作品之前，我會與小組的同學討論，以創造新靈感。	1	2	3	4	5	
12			設計作品之前，我會仔細思考蒐集的資料在我/小組的作品上是否用的上。	1	2	3	4	5	
13			設計作品之前，我習慣天馬行空思考，而非使用書本、網路蒐集資訊。	1	2	3	4	5	C
14			設計作品時，我會參考範例作品的設計。	1	2	3	4	5	

15	預 產 測 生	設計作品時，我會思考並避開範例作品所犯的錯誤。	1	2	3	4	5	
16	分 想 析 法	設計作品時，我會簡單構思每一階段的流程。	1	2	3	4	5	
17		設計作品時，我會仔細規劃每一階段的流程。	1	2	3	4	5	
18		設計作品時，我會簡單繪製設計圖幫助自己瞭解。	1	2	3	4	5	
19		設計作品時，我會參考範例作品的設計	1	2	3	4	5	
20		規劃完製作流程後，我能清楚對老師與同學解說。	1	2	3	4	5	
21		設計作品時，我傾向邊做邊想，不會事先規劃製作流程。	1	2	3	4	5	D
22		設計作品時，我常抱持著先做再說的想法，失敗了再重新改良。	1	2	3	4	5	D
23	可 行 性 分 析	製作作品前，我會使用簡單的材料或軟體嘗試模擬可行性。	1	2	3	4	5	
24		製作作品前，我會列出不同的材料思考何者為佳。	1	2	3	4	5	
25		製作作品前，我想出了兩種以上的製作方法，我會思考所有這些方式的可行性。	1	2	3	4	5	
26		製作作品前，我會跟同學或老師確認我的構想是否可行。	1	2	3	4	5	
27		我通常會直接製作作品，發生問題再進行修改。	1	2	3	4	5	E
28	最 評 佳 估	我會評估範例作品的優缺點。	1	2	3	4	5	
29	化	面對兩種以上可行的想法，我會考慮到「製作時間」來選出最後的設計。	1	2	3	4	5	
30		面對兩種以上可行的想法，我會考慮到「耐用性」來選出最後的設計。	1	2	3	4	5	
31		面對兩種以上可行的想法，我會考慮到「功能性」來選出最後的設計(例：方便操作)。	1	2	3	4	5	

32	面對兩種以上可行的想法，我會考慮到「節省經費」來選出最後的想法。	1	2	3	4	5	
33	面對兩種以上可行的想法，我會考慮到「節省材料」來選出最後的想法。	1	2	3	4	5	
34	我會羅列出所有可能性，評估後再來決定最後的設計。	1	2	3	4	5	
35	若能完成課堂目標，我不會特別節省材料。	1	2	3	4	5	F
36	實踐 我通常能夠把自己所設計的作品作出來。	1	2	3	4	5	
37	我的作品能夠運行當初設計的功能。	1	2	3	4	5	
38	我知道為什麼我的作品能夠運行。	1	2	3	4	5	
39	若我的作品失敗了，我能檢討並提出改善的構想。	1	2	3	4	5	
40	在作品遇到問題時，我会上網搜尋是否有人遇到同樣的問題。	1	2	3	4	5	
41	我沒有辦法製作出自己設計好的作品。	1	2	3	4	5	G

(二) 評分方式

本量表分為三個構面，共計41題，採用Likert五點式量表計分。由「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」，分別給予5分、4分、3分、2分、1分，分數越高者表示學生對該構面之工程設計能力傾向越高。

(三) 信效度分析

因本量表適合用於高中學生，故本研究之量表於105年5月採用高中學生進行預試，由台北市某市立高中學生為預試對象，預試問卷共發出180份，回收167份，回收率92.7%，剔除廢卷數，有效問卷為145份。根據預試填答結果加以分析與修正，以工程設計能力

擬定之正式量表，詳見附錄一，而量表之信效度分析如以下詳述。

1. 項目分析

本研究採極端值及內部一致性考驗進行項目分析，並以個別題項與量表總分的Pearson相關係數來進行分析，分析如下表3-5。

表 3-5 工程設計能力自陳量表結果摘要表

題項	極端組比較		同質性檢驗		備註
	決斷值 (CR 值)	校正題目與 總分相關	題項刪除後的 Cronbach's α 係數		
1	6.702***	.518	.870		保留
2	4.700***	.475	.871		保留
3	6.086***	.509	.870		保留
4	4.266***	.337	.873		保留
5	0.771	.193	.876		刪除
6	5.433***	.443	.871		保留
7	5.285***	.527	.869		保留
8	5.314***	.320	.873		保留
9	6.229***	.487	.870		保留
10	5.414***	.394	.872		保留
11	4.397***	.352	.872		保留
12	6.300***	.462	.870		保留
13	-1.454	-.002	.880		刪除
14	1.762	.184	.875		刪除
15	4.920***	.478	.871		保留
16	7.312***	.559	.869		保留
17	4.996***	.426	.871		保留
18	6.289***	.444	.871		保留
19	5.823***	.467	.870		保留
20	6.005***	.527	.869		保留
21	.764	.308	.873		刪除
22	-.607	.174	.876		刪除
23	8.159***	.489	.870		保留
24	7.927***	.561	.869		保留

25	5.959***	.400	.872	保留
26	4.910***	.410	.871	保留
27	-.825	.084	.878	刪除
28	7.081***	.461	.871	保留
29	4.571***	.378	.872	保留
30	4.543***	.380	.872	保留
31	5.453***	.412	.871	保留
32	3.747***	.282	.874	保留
33	4.757***	.337	.873	保留
34	4.612***	.379	.872	保留
35	-2.337*	-.101	.882	刪除
36	4.281***	.378	.872	保留
37	5.478***	.445	.871	保留
38	6.682***	.488	.870	保留
39	6.007***	.411	.871	保留
40	5.050***	.373	.872	保留
41	-.077	.094	.879	刪除

p<.01 *p<.001 總變量的 α 係數=.932

本量表之極端組比較結果發現，第5、13、14、21、22、27、41題共7道題項尚未達統計上顯著水準($p < 0.05$)，不具有鑑別度，故予以刪除。且第35題之CR值小於3，鑑別度較低。而剩餘的33題CR值在3.747至8.159之間，且均達統計上的顯著水準($p = .000 < .001$)，顯示此33道題項具有鑑別度，能鑑別出高、低分組的工程設計能力。而在同質性檢驗中，此33題的相關介於.282至.559之間，表示本量表的題目間具有中、高度相關，保留此33題項。

2. 因素分析

本量表之KMO值達.822，且Bartlett球性考驗的近似卡方分

配值為1944.637，已達 $\alpha=.01$ 顯著水準，因此適合進行因素分析 (Kaiser, 1974)。

本研究之工程設計能力量表的因素分析發現，經由主成份分析法及直交轉軸最大變異法的因素分析得到以下結果。33個題目固定7個特徵值(eigenvalues)，分別可命名為材料應用與範例、實踐、確認需求、效率評估、小組討論、功能評估、定義流程等七個向度，材料應用與範例的解釋變異量為10.837%，實踐的解釋變異量為9.962%，確認需求的解釋變異量為8.637%，效率評估的解釋變異量為7.777%，小組討論的解釋變異量為7.699%，功能評估的解釋變異量為6.770%，定義流程的解釋變異量為5.956%，合計為57.638%，如下表3-6。

表 3-6 工程設計能力量表因素分析摘要表

因素	題項	累積解釋變異量	抽取的因素						
			因素 1	因素 2	因素 3	因素 4	因素 5	因素 6	因素 7
材料應用與範例	9	10.837%	.713	.016	.342	-.059	.099	.040	.069
	40		.613	-.086	-.034	-.102	.240	.296	.140
	23		.603	.422	-.030	.244	.088	.166	-.126
	24		.594	.262	.104	.351	.079	.299	-.115
	10		.564	-.052	.420	-.215	.232	.012	-.024
	34		.520	.160	-.011	.118	.135	.069	.165
	7		.493	.241	.093	.235	.056	.032	.100
實踐	18	20.799%	.452	.279	.047	-.104	.051	.213	.412
	15		.391	.157	.250	.012	.153	.008	.389
	36		.021	.801	.035	.099	-.029	-.041	.126

踐	37		.158	.788	.173	-.134	.130	.106	-.024
	39		.056	.626	-.060	.201	.137	.127	.169
	38		.243	.591	.292	.036	-.027	.067	.161
	20		.217	.516	.193	-.054	.420	.155	.022
	19		.083	.463	.051	.099	.139	.405	.326
確 認 需 求	2		-.053	.145	.758	.196	.027	.193	.154
	1	29.436%	.158	.082	.744	.102	.219	.103	.198
	3		.249	.170	.740	-.035	.235	.126	.073
效 率 評 估	32		-.077	.080	.159	.782	-.015	.125	.002
	33	37.214%	.050	-.030	.007	.704	.004	.355	.181
	8		.116	.009	-.079	.540	.328	-.054	.213
	29		.249	.144	.180	.532	.107	.214	-.354
小 組 討 論	11		.104	.059	.085	-.164	.727	.272	.064
	12	44.912%	.194	.155	.058	.131	.723	.024	.185
	4		.069	.040	.253	.132	.654	.042	-.083
	26		.212	.098	.105	.386	.564	-.025	-.040
功 能 評 估	30		.114	.052	.142	.198	.108	.699	-.030
	31	51.682%	.086	.109	.309	.127	.056	.636	.079
	25		.355	.157	-.143	.111	.037	.579	.265
	28		.244	.334	.234	.025	.243	.387	-.097
定 義 流 程	17		.029	.194	.198	.068	-.007	.157	.740
	16	57.638%	.222	.210	.358	.360	.167	-.128	.465
	6		.342	.053	.356	.125	.036	.060	.455

3. 信度分析

本量表信度是採內部一致性加以考驗，本量表各分量表之

Cronbach α 係數分別

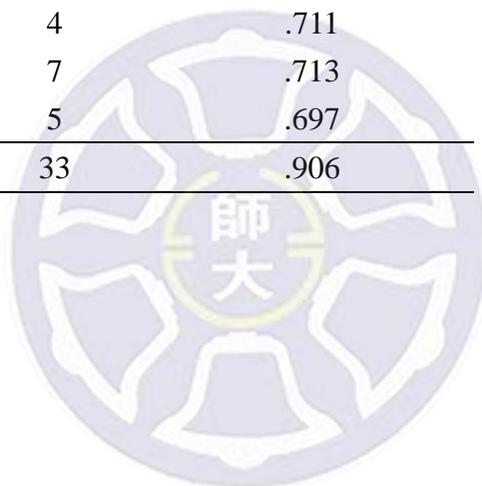
為.743、.500、.696、.739、.711、.713、.697，整體Cronbach α

係數為.906，除了「定義問題」、「蒐集資料」、「實踐」具

信度尚可(>.50)，其餘各分量表Cronbach α 係數皆在.70以上，較具有實用的價值，表示量表有較高的信度，內部一致性良好 (Carmines & Zeller, 1979; Bryman & Cramer, 1997)。

表 3-7 工程設計能力量表信度分析摘要表

量表	題數	Cronbach's α 值
確認需求	4	.743
定義問題	3	.500
蒐集資料	4	.696
產生想法	6	.739
可行性分析	4	.711
評估	7	.713
實踐	5	.697
整體	33	.906



第七節 資料處理與分析

本研究主要採用量化的資料分析，研究者在量表及測驗施測完成，並去除無效量表後，將所回收的量表資料輸入電腦以SPSS for Windows進行統計分析，並針對本研究之研究問題進行分析與考驗，主要使用的方法為描述統計以及獨立樣本單因子共變數分析。

一、描述統計

統計學生自陳量表所得分數的平均數、標準差等數值，歸納出學生的學習特性與能力範圍，並依照教學狀況做出解釋。

(一)平均數：以平均數來呈現「工程設計表現」的高低分情形，作為瞭解「機器人教學」與「傳統生活科技教學」對高中生工程設計能力之影響是否有差異的依據。

(二)標準差：以標準差來呈現「工程設計表現」各構面成績之差異情形，以此種方式進行分析時，標準差差異越大，表示離散情形越大。作為探討學生工程設計能力得分情形的依據。

二、獨立樣本單因子共變數分析

以學生前測的工程設計能力量表分數為共變量，以機器人教學與傳統生活科技教學這兩種不同的教學內容對依變項「工程設計表現」量表後測分數進行共變數分析，來探討不同教學內容對工程設計表現的影響。

三、半結構式問卷資料統整

(一)檢視資料

研究者透過反覆檢閱的方式，確定資料的完整性，並思考資料中隱含的意義，以試圖找尋資料間的關聯性。

(二)資料編碼

編碼的目的是將蒐集而來的資料進行概念化，本研究將資料進行「開放式編碼(open coding)」，即當蒐集完資料時，要標註出關鍵字、或者是關鍵事件，再根據主要的概念進行編碼。本研究給予資料的編碼，前面英文字母為資料類型，中間的數字是取得資料的日期，最後的號碼則是該資料的流水號，同時也是學生在班上的組別，如表3-8所示。

表 3-8 開放式編碼示例

開放式編碼	開放式編碼內容	問卷內容
		問：你們在設計過程中是否明確訂出這台發球機需要具備哪些功能？除了發球之外還有想要做出哪些功能？
S01_1109_01	控制組 1 年 1 班 學生的答覆	答：管口能調整角度，可以旋轉，可以控制發射的遠近。
S05_1110_01	實驗組 1 年 5 班 學生的答覆	答：只要能投出去就好，然後自己把球投出去之後又可以接回球。

第四章 資料分析與討論

本章以Merrill等人（2008）提出的COPA工程設計核心能力，以及Atman等人（2007）提出的工程設計歷程，分為能力取向的三個工程設計能力構面，以及歷程取向的七個工程設計歷程構面來進行資料分析，而後針對學生在實驗中撰寫的問卷進行質性分析。

第一節 機器人教學對工程設計能力之影響

本節主要探討機器人教學對工程設計表現的影響，其中工程設計表現分為限制、最佳化、預測分析。

一、機器人教學對「限制」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「限制」表現之F值統計量未達顯著水準($F=0.084$ ， $p=0.773 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-1。

表 4-1 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
限制	教學方式*前測	2.080	1	2.080	0.084	0.773
	誤差	2659.677	107	24.857		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「限制」表現有顯著影響($F=7.161$ ， $p=0.009<0.05$)。經事後比較得知，教學方式實驗組($M=40.588$)優於控制組($M=37.783$)，如表4-2、表4-3。

表 4-2 不同教學方式在工程設計表現-「限制」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
限制	組間	176.490	1	176.490	7.161**	0.009	實驗組>控制組
	組內(誤差)	2661.757	108	24.646			
	總和	174559.978	111				

** $p<.01$

表 4-3 不同教學方式在工程設計表現-「限制」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
限制	控制組	56	37.923	6.470	37.783
	實驗組	55	40.445	5.692	40.588

二、機器人教學對「預測分析」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「預測分析」表現之F值統計量未達顯著水準($F=0.249$ ， $p=0.619>0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異

考驗，如表4-4。

表 4-4 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
預測分析	教學方式*前測	8.718	1	8.718	0.249	0.619
	誤差	3479.864	107	35.045		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「預測分析」表現無顯著影響($F=2.072$ ， $p=0.153>0.05$)。教學方式實驗組($M=35.092$)優於控制組($M=34.104$)，如表4-5、表4-6。

表 4-5 不同教學方式在工程設計表現-「預測分析」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
預測分析	組間	72.122	1	72.122	2.072	0.153	
	組內(誤差)	3758.582	108	34.802			
	總和	137182.087	111				

表 4-6 不同教學方式在工程設計表現-「預測分析」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
預測分析	控制組	56	33.795	6.674	34.104
	實驗組	55	35.407	5.812	35.092

三、機器人教學對「最佳化」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「最佳化」表現之F值統計量未達顯著水準($F=0.293$ ， $p=0.590 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-7。

表 4-7 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
最佳化	教學方式*前測	4.114	1	4.114	0.132	0.717
	誤差	3344.449	107	31.257		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「最佳化」表現無顯著影響($F=0.545$ ， $p=0.462 > 0.05$)。教學方式實驗組($M=45.509$)優於控制組($M=45.073$)，如表4-8、表4-9。

表 4-8 不同教學方式在工程設計表現-「最佳化」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
	組間	31.991	1	31.991	1.032	0.312	
最佳化	組內(誤差)	3348.563	108	31.005			
	總和	205270.738	111				

表 4-9 不同教學方式在工程設計表現-「最佳化」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
最佳化	控制組	56	42.100	6.050	42.276
	實驗組	55	43.173	5.248	42.993

第二節 機器人教學對工程設計歷程之影響

本節主要探討機器人教學對工程設計表現的影響，其中工程設計表現分為確認需求、定義問題、蒐集資料、產生想法、可行性分析、評估、實踐。

一、機器人教學對「確認需求」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「確認需求」表現之F值統計量未達顯著水準($F=1.135$ ， $p=0.289 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-10。

表 4-10 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
確認需求	教學方式*前測	3.277	1	3.277	1.135	0.289
	誤差	308.87	107	2.887		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「確認需求」表現無顯著影響($F=1.641$ ， $p=0.203>0.05$)。教學方式實驗組($M=15.396$)優於控制組($M=15.901$)，如表4-11、表4-12。

表 4-11 不同教學方式在工程設計表現-「確認需求」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
確認需求	組間	4.742	1	4.742	1.641	0.203	
	組內(誤差)	312.147	108	2.890			
	總和	27917.287	111				

表 4-12 不同教學方式在工程設計表現-「確認需求」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
確認需求	控制組	56	15.441	2.884	15.396
	實驗組	55	15.855	2.289	15.901

二、機器人教學對「定義問題」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「定義問題」表現之F值統計量未達顯著水準($F=1.571$ ， $p=0.213 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-13。

表 4-13 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
定義問題	教學方式*前測	7.519	1	7.519	1.571	0.213
	誤差	512.134	107	4.786		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「定義問題」表現有顯著影響($F=12.255$ ， $p=0.0001 < 0.05$)。經事後比較得知，教學方式實驗組($M=10.6727$)優於控制組($M=9.6786$)，如表4-14、表4-15。

表 4-14 不同教學方式在工程設計表現-「定義問題」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
定義問題	組間	58.968	1	58.968	12.255**	0.001	實驗組>控制組
	組內(誤差)	519.653	108	4.812			
	總和	11475.000	111				

** $p < .01$

表 4-15 不同教學方式在工程設計表現-「定義問題」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
定義問題	控制組	56	9.179	2.428	9.186
	實驗組	55	10.636	1.975	10.629

三、機器人教學對「蒐集資料」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「蒐集資料」表現之F值統計量未達顯著水準($F=0.12$ ， $p=0.911 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-16。

表 4-16 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
蒐集資料	教學方式*前測	0.106	1	0.106	0.12	0.911
	誤差	912.	107	8.525		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「蒐集資料」表現無顯著影響($F=1.391$ ， $p=0.241>0.05$)。教學方式實驗組($M=14.033$)優於控制組($M=13.226$)，如表4-17、表4-18。

表 4-17 不同教學方式在工程設計表現-「蒐集資料」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
蒐集資料	組間	11.753	1	11.753	1.391	0.241	
	組內(誤差)	912.285	108	8.447			
	總和	21644.983	111				

表 4-18 不同教學方式在工程設計表現-「蒐集資料」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
蒐集資料	控制組	56	13.304	2.879	13.226
	實驗組	55	13.954	3.244	14.033

四、機器人教學對「產生想法」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「產生想法」表現之F值統計量未達顯著水準($F=0.053$ ， $p=0.819 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-19。

表 4-19 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
產生想法	教學方式*前測	0.666	1	0.666	0.053	0.819
	誤差	1351.659	107	12.632		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「產生想法」表現無顯著影響($F=0.645$ ， $p=0.424 > 0.05$)。教學方式實驗組($M=21.087$)優於控制組($M=20.808$)，如表4-20、表4-21。

表 4-20 不同教學方式在工程設計表現-「產生想法」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
	組間	8.075	1	8.075	0.645	0.424	
產生想法	組內(誤差)	1352.324	108	12.522			
	總和	50288.978	111				

表 4-21 不同教學方式在工程設計表現-「產生想法」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
產生想法	控制組	56	20.679	3.909	20.808
	實驗組	55	21.218	3.706	21.087

五、機器人教學對「可行性分析」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「可行性分析」表現之F值統計量未達顯著水準($F=0.005$ ， $p=0.945 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-22。

表 4-22 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
可行性分析	教學方式*前測	0.039	1	0.039	0.005	0.945
	誤差	889.289	107	8.311		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「可行性分析」表現有顯著影響($F=4.010$ ， $p=0.048<0.05$)。經事後比較得知，教學方式實驗組($M=14.120$)優於控制組($M=13.202$)，如表4-23、表4-24。

表 4-23 不同教學方式在工程設計表現-「可行性分析」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
可行性 分析	組間	33.023	1	33.023	4.010*	0.048	實驗組>控制組
	組內(誤差)	889.328	108	8.235			
	總和	21645.382	111				

* $p<.05$

表 4-24 不同教學方式在工程設計表現-「可行性分析」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
可行性分析	控制組	56	13.116	3.141	13.202
	實驗組	55	14.207	2.609	14.120

六、機器人教學對「評估」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「評估」表現之F值統計量未達顯著水準($F=1.197$ ， $p=0.276 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-25。

表 4-25 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
評估	教學方式*前測	9.405	1	9.405	0.600	0.440
	誤差	1676.446	107	15.668		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「評估」表現無顯著影響($F=3.529$ ， $p=0.063 > 0.05$)。教學方式實驗組($M=28.593$)優於控制組($M=27.379$)，如表4-26、表4-27。

表 4-26 不同教學方式在工程設計表現-「評估」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
評估	組間	36.618	1	36.618	2.337	0.129	
	組內(誤差)	1676.446	107	15.668			
	總和	69233.749	111				

表 4-27 不同教學方式在工程設計表現-「評估」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
評估	控制組	56	24.069	4.216	24.190
	實驗組	55	25.217	3.946	25.094

七、機器人教學對「實踐」表現的影響

由組內迴歸係數同質性考驗結果發現，「實踐」表現之F值統計量未達顯著水準($F=3.635$ ， $p=0.059 > 0.05$)，符合組內迴歸係數同質性檢定，因此可以採共變數分析方法進行兩組教學方式之後測成績差異考驗，如表4-28。

表 4-28 組內迴歸係數同質性考驗摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F	p
實踐	教學方式*前測	22.995	1	22.995	3.635	0.059
	誤差	676.955	107	6.327		

由共變數分析摘要表得知，在排除前測成績（工程設計能力表現自我量表）的影響效果後，兩種不同教學方式對受試者之「實踐」表現無顯著影響($F=0.024$ ， $p=0.877>0.05$)。教學方式控制組($M=18.061$)優於實驗組($M=17.926$)，如表4-29、表4-30。

表 4-29 不同教學方式在工程設計表現-「實踐」之共變數分析摘要表

工程設計 表現	變異來源	SS	df	MS	F 值	p	事後比較
實踐	組間	0.156	1	0.156	0.024	0.877	
	組內(誤差)	699.951	108	6.481			
	總和	36644.406	111				

表 4-30 不同教學方式在工程設計表現-「實踐」之描述性統計量

工程設計 表現	組別	人數	平均數	標準差	調整後平均數
實踐	控制組	56	18.031	2.878	18.061
	實驗組	55	17.956	2.145	17.926

第三節 工程設計歷程的分析

本節主要分析學生是否經歷工程設計歷程，工程設計歷程可分為確認需求、定義問題、蒐集資料、產生想法、建構模型、可行性分析、評估、溝通與協調、實踐等階段。不論是實驗組或控制組，學生僅知曉要製作一台乒乓球發射器，及比賽場地與規則的規劃，是否因教材的不同自然發展出每個歷程正是本研究的重點，其中學生的回饋是在課程結束後以活動單搭配教師問答而得。

一、 確認需求

在此階段中，學生應要在製作前明確訂出欲製作的乒乓球發射器需要擁有哪些功能，而後根據這些功能發展出不同的機構設計，以利規劃加工的程序與方式。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的思考情形。

(一)控制組：於「確認需求」步驟中，了解學生是否定義欲製作之

乒乓球發射器的功能，如以下紀錄。

管口能調整角度，可以旋轉，可以控制發射的遠近。(S01_1109_01)

想過上下左右調整，還有調整角度。(S01_1109_03)

我們想要讓檯面能旋轉，然後可以升上去降下來。(S01_1109_04)

在此階段可以歸納出，控制組的學生約有35%的組別經歷過

「確認需求」的階段，其中可分為調整發射器的角度(S01_1109_03等)、高度(S01_1109_04等)、射程(S01_1109_01等)。

若學生有經歷過此歷程，就等同於有了確切的目標，也是想為自己的作品帶來更多的變化，如此一來在後面的階段針對材料的使用、機械結構的設計就會更明確，如要旋轉會用到螺絲、螺帽，要調整高度可以利用木釘製作卡榫等。不過也有一部分同學並沒有思考這麼多，打算做出一台有發射功能的機器就好，如以下紀錄。

本來有想要調整高度，但是不會做。(S01_1109_08)

想要可以調整角度，可是最後沒做出來。(S03_1109_01)

有17%的學生因為生活科技的知識與技能尚不足以支持製作的想法，雖然在一開始有思考過發球機是否要有額外的附加功能，但最後都作罷。

(二)實驗組：於「確認需求」步驟中，了解學生是否定義欲製作之乒乓球發射器的功能，如以下紀錄。

只要能投出去就好，然後自己把球投出去之後又可以接回球。

(S05_1110_01)

我們想要觸控操作發射，並讓機器人能夠自動校準。(S05_1110_10)

有確定它需要能投球，上下運作擺臂、前進的功能。(S07_1110_05)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生有80%的組別經歷過「確認需求」的階段（排除未經歷以及答案與功能性較無關聯者），其中可分為移動(S07_1110_05)、自動回收球(S05_1110_01)、感應器遙控(S05_1110_10)

。

(三)比較：

發球及收臂、收球與撿球。(S05_1110_06)

我們想要做放桌球的小平臺，還有長長的手臂。(S07_1110_09)

兩組學生在此階段僅知道他們最終目標是做出一台乒乓球發射器。實驗組學生使用樂高積木組合乒乓球發射器，這樣的材料限制反而使他們知道該如何著手進行機構的設計(S07_1110_09等)，同時樂高積木的眾多功能性讓學生了解到不論是要移動或是旋轉都是可行的，甚至還可利用馬達製作自動回收球的裝置(S05_1110_06等)，因此在作品的定義歷程就容易自然產生。

控制組學生一開始的材料是木板、木條、螺絲、馬達等，要在腦中將材料組合並把功能規劃出來，需要參考資料或範例，較不直覺，此歷程的自然產生比例也就較少。

在量表上，這項歷程是不具顯著差異的，其原因可能是評量方式不夠多元、不夠適切所導致。

二、 定義問題

在此階段中，學生需要思考納入上一階段所定義的功能，是否會在設計與製作帶來困難，由於與上一階段有所關聯，若無經歷「確認需求」階段，則不會經歷此階段。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的思考情形。

(一)控制組：於「定義問題」步驟中，了解學生是否思考在設計與

製作過程中，預想的功能會不會帶來什麼困難，如以下紀錄。

如果要做這些功能，時間會不夠，而且不太清楚怎麼做。(S01_1109_01)

不知道怎麼精準確定螺絲的位置，還有固定。(S101_1109_02)

比較麻煩，而且不知道該怎麼做。(S01_1109_03)

在此階段，可以歸納出，控制組的學生約有29%的組別經歷過「定義問題」的階段，其中可分為時間不夠(S01_1109_01等)、技術不足(S101_1109_02等)。

腳架會不穩，加橫桿應該可以解決。(S03_1109_03)

有學生並沒有思考額外功能，但針對課程一開始設定要製作的部件，即發射管與腳架進行思考(S03_1109_03)，因發射時會有後座力，計分器也有高度，腳架若不夠高、不夠穩，就無法穩定進球。

(二)實驗組：於「定義問題」步驟中，了解學生是否思考在設計與

製作過程中，預想的功能會不會帶來什麼困難，如以下紀錄。

程式要能寫得出來。(S05_1110_03)

找不到零件穩固擺臂。(S05_1110_07)

手臂太重，投擲力道太大會破壞結構。(S07_1110_10)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生有75%的組別經歷過「定義問題」的階段，其中可分為對樂高零件不熟悉(S05_1110_07等)、程式撰寫困難(S05_1110_03等)、結構設計的困難 (S07_1110_10等)。

要能自動校準角度，會很難測量角度。(S05_1110_10)

其中也有部分同學提出的構想遠遠超出課程所學能應付的狀況(S05_1110_10等)，例如機器人要自動回收球再將球丟出，雖然競賽等級的選手應可做到，但學生在機構、程式上的知能都不足以應付。

(三)比較：

大部分的人在腦中閃過構想時，通常會思考可行性與困難點，或許有少部分的人並不會特別去思考，但可以確定的是若沒有特別進行構想的動作，這個階段也就不會產生。控制組學生除了材料，可能還需要認識機具與五金零件，不確定性較高，可能是導致學生自然進入此階段比例較少的原因；而實驗組在上一個階段比例本就比控制組多，自然進入這一階段的比例自然也較高。另外實驗組所用的所有工具及材料就是樂高與電腦，需要掌握的部分較少，這可能是實驗組與控制組在此階段有顯著差異的原因。

三、蒐集資料

在此階段中，學生需要回答是否有參考外部資料以利進行設計與製作，且參考了哪些外部資料。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的情形。

(一)控制組：於「確認需求」步驟中，了解學生是否參考各界資料，以利作品設計與製作，如以下紀錄。

老師上課投影片給我們看的。(S01_1109_01)

我們有上網看造型。(S01_1109_03)

老師上課發的講義。(S01_1109_09)

有上網看過發球機的成品。(S03_1109_06)

在此階段可以歸納出，控制組的學生約有59%經歷過「蒐集資料」的階段，其中分為教師的講義(S01_1109_09等)、上網(S03_1109_06等)。

若學生有經歷此階段，表示其有認知到搜尋外部資料可以協助自己作品更加進步，也可以克服些許遇到的問題，即是問題解決能力的展現，在工程設計中也是相當重要的一環。

(二)實驗組：於「蒐集資料」步驟中，了解學生是否參考各界資料，以利作品設計與製作，如以下紀錄。

參考LEGO本子。(S05_1110_05)

我們有成員負責蒐集資料、書上資料還有其他組的做法。(S05_1110_06)
網路。(S07_1110_03)

到測試區看同學做好的作品的樣式及功能。(S07_1110_05)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生約有85%經歷過「蒐集資料」的階段，其中可分為參考樂高手冊(S05_1110_05等)、上網搜尋資料(S07_1110_03等)、參考同學成品(S05_1110_06等)。

其中參考同學成品的比例佔大多數，這在生活科技的課堂上很常出現，因為同學條件跟自己一樣，但他們做得出來，便成為了指

標性的參考對象，比翻書、上網還要更實際。

(三)比較：

實驗組的課堂中會不斷發生某組參考同學並改良後得到更好的成績，吸引更多同學來參考改良這樣的狀況，尤其是在使用樂高積木可以快速拆裝的情況下更為明顯。不過在控制組模仿同學的案例就少很多，一方面每個同學效率都有所不同，另一方面若手上已經為半成品，也很難改成與別人相同。另外也許是手邊有電腦的原因，加上樂高積木做成的乒乓球發射器資源較多，實驗組的學生在網路上找資料的比例比控制組高一些；控制組也有學生參考網路資料，不過是拿手機找喜歡的設計來製作乒乓球發射器。

四、產生想法

在此階段中，學生應利用教師提供或網路尋得的範例，產生出兩個以上的想法，以利往後進行可行性分析時能決定出最佳的方案。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的思考情形。

(一)控制組：於「產生想法」步驟中，了解學生是否藉由手上的參考資料，發展出兩個以上的構想，如以下紀錄。

想過一個砲口水平，一個砲口向斜上，但技術不夠。(S01_1109_03)

想了好幾個很好的構想，但是都做不出來。(S03_1109_01)

在此階段可以歸納出，控制組學生有64%的組別經歷過「產生想法」的階段，其中學生的回覆都是基於發射器整體的角度

(S01_1109_03等)。

控制組學生有經歷過此階段的，大多都以做不出來作收，以致學生的成品多是尺寸、造型不同，在功能上都是基本款。而功能上與其他同學有所不同者分兩類，一類是能夠實踐自己簡單構想的；一類是邊做邊想，根據課堂環境的限制，如機具、材料等隨時變化自己作品的構想，並沒有在一開始就確立目標開始動工。

(二)實驗組：於「產生想法」步驟中，了解學生是否藉由手上的參

考資料，發展出兩個以上的構想，如以下紀錄。

側邊發球，或是正面發球。(S05_1110_06)

投籃式或灌籃式。(S07_1110_01)

自動發射，或自己決定如何發射。(S07_1110_03)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生有70%的組別經歷過「產生想法」的階段，其中可分為機構的改裝(S07_1110_01等)、控制的方式自動發射，或自己決定如何發射。(S07_1110_03等)。

在實測階段時，學生依然是邊做邊改，以模仿得分高的組別或是逐步修正為主，較接近過往嘗試錯誤的方法。

(三)比較：

此階段著重於學生是否在看到範例後產生多個想法，實驗組的學生僅有一組提到技術不足的問題，可能是因為樂高機器人所需的

知能在於組裝積木與撰寫程式，並不像一般生活科技實作活動一樣有著各種不同的工具、材料需要去摸索與應用，因此一看到範例時便知道這是組合積木就可以完成的，以致實驗組的學生更容易經歷此階段。不過控制組的學生經歷此階段的比例也不算少，只是最後都不知道如何動工而轉為製作較一般的乒乓球發射器。

在量表上，這項歷程是不具顯著差異的，其原因可能是評量方式不夠多元、不夠適切所導致。

五、 建構模型

在此階段中，學生應要在使用教師配發的材料製作前，先使用簡易的材料建模，測試自己的構想能否正常運行。「控制組」的學生皆沒有進行建模的動作；「實驗組」的學生由於使用積木，可重複拆拔，本身即是一種類建模的動作，因此沒有使用特地建模的理由，故此段並沒有引述學生的答覆。建模是一種工作習慣，廣義來說是測試能否成功，若非有一定量的工作經驗難以自然形成，因此在教師無提示下，大部分的高中生在課堂上大多不會經歷這個階段，而是依然照著錯誤學習的方式來改良作品。

六、 可行性分析

在此階段中，學生需要思考自己評斷可行的構想，在教師提供的教

學環境或競賽規則下，是否可行，會不會產生什麼樣的問題。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的思考情形。

(一)控制組：於「可行性分析」步驟中，了解學生是否思考自己的

構想在教學環境下會產生的問題，如以下紀錄。

計分機器人太高，一開始想的腳架不夠高。(S01_1109_01)

發射的力道太大，球不容易進。(S01_1109_05)

因為老師教的發射方法有後座力，會不穩、不夠重。(S103_1109_06)

在此階段可以歸納出，控制組的學生約有35%的組別經歷過

「可行性分析」的階段，其中可分為高度(S01_1109_01等)、發射的後座力(S103_1109_06等)。

若學生經歷過此歷程，表示其在製作之前有可能會將大部分的問題挑出來，如此可以縮短製作時的思考時間，以及事後的修改時間。有少部分的學生在製作前有想到場地尺寸的問題，不過大部分的學生依然會先做好之後，在測試時發生問題再來針對問題解決，用嘗試錯誤的方式學習。另一方面，學生雖會進行模擬，例如在製作腳架前先嘗試發射管的射程，但當成品完成時，上了螺絲、加了腳架，還是會與當時的測試結果有所不同，這裡的變因很多，可說是許多人為的小誤差累積起來的結果。

(二)實驗組：於「可行性分析」步驟中，了解學生是否思考自己的

構想在教學環境下會產生的問題，如以下紀錄。

怕沒有辦法順利把球投入。(S05_1110_10)

怕時間不夠製作。(S07_1110_09)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生約有60%的組別經歷過「可行性分析」的階段，其中可分為唯恐無法達成任務(S05_1110_10等)、擔心時間不夠(S07_1110_09等)。

實驗組其中有三組的回饋是擔心自己無法順利把球投入，反觀控制組沒有任何一組提到擔心無法入球，可能是因為實驗組兩個班都有同儕作出了成果優良的機器人，相對之下增加了周遭同學的壓力；而控制組因為人為不穩定因素較多，雖有較好的作品，但不至於感受到巨大的差異。

在擔心時間不足的部分，由於考慮到教學實際狀況，即是控制組需掌握的基本知能較少、加工時間需較長；實驗組機器人知能的學習尚須花較多時間，但由於使用積木組裝，製作時間可以稍短一些，另外因兩個班級共用同一套樂高，若製作時間超過一週，會影響到另一個班級的進度，因此實驗組的學生製作時間為一週兩節課，在當週就要將成品做出來或許對學生造成了時間上的壓力。

(三)比較：

控制組的學生一旦將材料固定後就很難做修改，即使少數組別在製作過程中很小心地屢次拿到測試場地測量射程、角度，在加工與黏合之後參數便固定了。實驗組的學生傾向每一次組裝完一

個版本的結構就來進行一次測試，等於同時建模與進行可行性分析，而且會將這個過程重複數次，直到找到最好的結果，也因此
在可行性分析的部分與控制組有顯著差異。

七、 評估

在此階段中，學生需要將每個構想都進行可行性分析後，決定出最好的方案，並且點出自己組別作出決定的關鍵是什麼因素。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的思考情形。

(一)控制組：於「評估」步驟中，了解學生是否根據某個關鍵因素

決定出最好的方案，如以下紀錄。

簡單的優先。(S01_1109_03)

能最穩固的是我考量的因素。(S01_1109_05)

可以快速做完的。(S03_1109_01)

穩定性。(S03_1109_04)

美觀。(S03_1109_05)

在此階段可以歸納出，控制組的學生約有53%的組別經歷過「評估」的階段，其中可分為簡單快速(S01_1109_03等)、功能穩定(S01_1109_05等)、美觀性(S03_1109_04等)。

若學生經歷過此歷程，表示對自己的作品的製作有了最基本的準則。控制組的學生使用生活科技常見的材料與機具進行實作，學生並沒有帶著多個構想進行建模與可行性分析後才來決定，而是一

開始就鎖定好自己的取向來製作，班上一定會有成員希望快速將基本款做好即可，另一部分較在意成績與自己作品的同學就會選擇針對穩固性與美觀性來製作。當然也有學生選擇做了再說，因為他們認為發想與設計相當浪費時間，只要還能修改或補救，就直接實作比較乾脆。

(二)實驗組：於「評估」步驟中，了解學生是否根據某個關鍵因素

決定出最好的方案，如以下紀錄。

好組裝。(S05_1110_03)

容易作。(S05_1110_05)

能簡化組裝。(S107_12_Q7)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生約有50%的組別經歷過「評估」的階段，其中有明確寫出關鍵點的幾乎都是以簡單、好組裝為主(S05_1110_03等)。這可能是因為當學生手上只有那一箱積木時，材料固定導致開放程度變低，大家就會想用最簡單的方式達到最基本的要求，即使對自己要求比較高的學生，或是小有樂高機器人基礎的學生，由於也是第一次面對這樣的題材，製作出來的機構與同學並沒有什麼太大的差異，主要只差在手臂長、手臂捧球的部分（會影響球出去的角度）、馬達的速度，但原則上都還是一隻機械手臂。

沒有，實作遇到狀況比較好馬上解決問題。(S05_1110_01)

沒有，直接做出來跟實作。(S05_1110_04)

無，因為試了才有可能，沒試終究不能，所以做再說。(S107_1110_10)

與控制組相同，實驗組也有部分學生的答覆是先做了再說，他們認為既然樂高積木方便修改，當然是不行再來修正，一開始若經歷這麼多發想與設計的過程反而是浪費時間。在現場看來，確實這幾名學生很快速的就拿了數個版本過來測試，直到他們測試出滿意的成果時，班上許多同學甚至連第一次測試都還沒有，且有越思考越煩躁的情況。

(三)比較：

控制組與實驗組的學生，在進行製作的評估時，皆多以簡單，又獲得好的成果來作為基準，有自然進到此階段的組數比例也差不多，這樣的結果說明了傳統生活科技教學與機器人教學皆沒有顯著影響學生這部分的表現，即是評估的歷程原先就是學生自身能力的表現。

在量表上，這項歷程是不具顯著差異的，其原因可能是評量方式不夠多元、不夠適切所導致。

八、溝通與協調

在此階段中，學生要能展現自己與小組合作的能力，與成員妥善的進行分工。以下主要由「控制組」與「實驗組」來分析學生在此階段的思考情形。

(一)控制組：於「溝通與協調」步驟中，了解學生是否妥善進行分工，參與製作，如以下紀錄。

切割、黏合，這樣分工。(S01_1109_08)

做不同的零件。(S03_1109_04)

在此階段可以歸納出，控制組的學生約僅有11%經歷過明確的「溝通與協調」的階段，其中都是將作品分成不同部分來做(S01_1109_08等)，其餘的同學皆是隨意分配或者由單一組員從頭做到尾。

若學生有經歷過此歷程，且在組內明確的分工，與其說是工程能力的展現，不如說是懂得如何與別人合作，以及擁有責任感。與工程師不同，學生身邊的成員並不固定，也少有分工經驗，面對的任務也截然不同，能夠妥善分工的組別通常都是幾位志同道合且能力相近的好朋友，其餘多是成員不做或是不會做，而由一位有能力的同學從頭自行解決，在這個歷程中，教師則是盡量督促每一位同學參與課程。在工程設計歷程中，團隊合作確實是非常重要的環，但若學生能夠分工合作即是工程設計的表現，未免有些牽強，因此在這裡僅說有部分學生經歷了溝通與協調的歷程。

(二)實驗組：於「溝通與協調」步驟中，了解學生是否妥善進行分工，參與製作，如以下紀錄。

一些看說明書、一些組裝、一些寫程式。(S05_1110_02)

有人組裝，有人寫程式。(S05_1110_03)

有人組裝，有人點電腦(S07_1110_09)

在此階段可以歸納出，實驗組的學生約有35%經歷過明確的「溝通與協調」的階段，基本上都是將程式與機構分開進行(S05_1110_03等)。機器人的部分本來就分為程式與機構，比起一般生活科技實作，較有一個能夠明確分工的準則，或許因為如此使得實驗組有明確分工的比例比起控制組稍高了一些。

只要提出可行的意見都可以，大家一起沒有分工(S05_1110_01)

並無分工大家一起做(S07_1110_10)

但大部分的同學依然沒有明確分工，都是全組隨機分派任務或是一位有能力的同學執行到底。

(三)比較：

不論是控制組還是實驗組的學生，溝通與協調的過程都令教師不甚滿意，最大的原因是前面幾個歷程都沒出現，所以小組之內也沒有明確的任務與目標，以致不容易發生分工的情形。實驗組經歷此歷程比例較高的原因可能是因為樂高機器人本身在使用上就需要撰寫程式與組裝積木這兩樣屬性較不同的工作，所以在當下可以立即分配工作；控制組的製作過程則是較雜亂無章，還有不少組別是臨時修補功能運行不良的部分，所以分工的情形比較少。

九、實踐

(一)控制組：於「實踐」步驟中，了解學生是否確實執行，並找出

自己成敗的原因，如以下紀錄。

時間不夠、技術不足。(S01_1109_01)

時間不夠，人力不足。(S03_1109_05)

此階段可以歸納出，控制組的學生僅有29%的組別有試著去歸納自己成功或失敗的原因。大部分控制組的學生因為不容易修改，都硬著頭皮上，即使成果不好，也只有少數一到兩組願意花時間再去修改。

(二)實驗組：於「實踐」步驟中，了解學生是否確實執行，並找出

自己成敗的原因，如以下紀錄。

程式要更複雜。(S05_1110_01)

每次乒乓球回彈的角度都不一樣。(S07_1110_03)

此階段可以歸納出，實驗組的學生有76%的組別有試著去歸納自己成功或失敗的原因。因為實驗組用樂高可以重複組裝的特性，他們可以一再修改，對於成功或失敗的因素或許也較有心得。

(三)比較：

在此階段中，學生要能確實開始進行實作加工，並根據自己先前的設計把作品製作出來，在測試過後找出導致成果的原因。其中最大的差異就在作品容易修改的程度，導致了他們修改意願不同，

累積的經驗與心得也不同。值得一提的是在控制組共24組中有23組繳交了作品；實驗組20組中有17組繳交了作品，這部分由控制組的學生表現佔優，有可能是控制組學生的任務原本就是要作出一台能自動發射的乒乓球發射器，而實驗組的學生不只要將機構組裝出來，還要撰寫對應的程式，造成無法應付的學生索性就不交了。另外實驗進行到後期，可以感受到控制組與實驗組本身的班級風氣其實是有相當差異的，控制組的班級風氣較為配合，實驗組的班級風氣較無學習動機，這或許也是影響作品繳交的原因。

本研究將兩組學生自然經歷工程設計流程之組數比例整理於表4-31，以輔助歸納量表結果之原因，其中可見得在統計達顯著的「定義問題」、「可行性分析」兩歷程，學生自然經歷的比例差距相當大。

表 4-31 學生自然經歷工程設計流程之比例總覽（以小組數計算）

工程設計歷程	實驗組(%)	控制組(%)
確認需求	80%	35%
定義問題	75%	29%
蒐集資料	85%	59%
產生想法	70%	64%
可行性分析	60%	35%
評估	50%	53%
實踐	76%	29%

第四節 綜合討論

本節綜合工程設計表現之量化資料分析結果，探討機器人教學對工程設計能力與工程設計歷程之影響，並依研究目的與待答問題進行討論。

一、 機器人教學對學生工程設計能力之影響

(一) 機器人教學對工程設計能力—「限制」之影響

本研究探討機器人教學對學生工程設計能力之影響，並使用自我量表測得學生相關能力的分數，結果顯示實驗組學生在接受課程後，「限制」能力顯著優於控制組學生。「限制」能力主要強調學生在進行設計流程前就要進行的事項，與課堂上較為相關的因素包含時間、可行性、材料、環境等因素，學生要能將教學活動的限制一開始就納入考量，排除不適合的方向。

1. 教學工具開放性不同

「限制」能力強調一開始學生的行為，因此著眼點即放在學生剛接觸教學活動的情形。實驗組面對的只有程式撰寫與樂高機器人，較容易進行掌握；控制組面對的是開放性的生活科技材料與機具，比較難一開始即進行腦內的規劃與限制，這與Bobtsov (2012) 提到了學生一開始學習工程課程時需要簡單明瞭，費躍農等人 (2008) 提及早期的工程課程重點是提供學生

體驗，性質應該是淺顯、初步這樣的論點相符。實驗中的兩組學生都沒有學習工程導向課程的經驗，在僅告知學生要製作乒乓球發射器的情況下，控制組的學生面對開放的資源會容易感到不知所措。

2. 學生起始興趣不同

另外學生的興趣對於能力表現也會有影響，若學生對教材有高度興趣，就會針對其進行思考。在教學現場，實驗組學生多數對於樂高機器人抱有期待，控制組的學生則較為平淡，甚至有學生害怕製作很麻煩。Kapitonov (2014) 提到若學生在課堂上對於如何將理論知識應用於作品上摸不著頭緒，就容易對自然科學的興趣下降，而樂高機器人能夠吸引學生注意，使他們願意融入課程活動 (Kim, 2011; Bobtsov, 2012)，這些論點解釋了在學生一開始接觸教材時，實驗組的學生興趣與動機會比控制組的學生高，也加強了學生思考「限制」條件的可能性。

因此機器人教學下，學生工程設計能力中的「限制」能力，是優於傳統教學的。

(二) 機器人教學對工程設計能力—「預測分析」之影響

本研究探討機器人教學對學生工程設計能力之影響，並使用自

我量表測得學生相關能力的分數，結果顯示實驗組學生在接受課程後，「預測分析」能力並無顯著優於控制組學生。「預測分析」能力通常在構思期間進行，指有計畫、有步驟的根據各項因素來判斷構想的可行性，學生需要在實際製作前思考自己的構想是否可行。

1. 學生先前無類似工作習慣

「預測分析」能力強調學生在製作前先建模並分析其可行性，機器人教學並無法提升學生相關能力的原因在於學生過去並沒有這樣的習慣，而且由於背景相似，小組成員通常不會從不一樣的角度來看待這個教學活動。Do (2013) 認為學生在機器人的教學活動上有別於專家的工作環境是從不同背景下做出工作的分級領導，教室裡的學生有相似的教育背景，只有能力有所不同，因此不容易表現出工程領域的關鍵歷程。而在機電整合領域就業的工程師本身就有廣泛的知識和經驗來協助他們進行工作上的安排，這些都是學生所缺乏的 (Akagi, 2015)，這樣的論點說明了以往學生就缺乏建模與思考可行性的工作習慣。

2. 樂高機器人模組化特性

另外由於樂高模組化的特性，可以重複排列、組裝，再進行測試的特性，學生可以發展出高數量的創造品 (Merrill,

2015)，也可以不斷挑戰更好的成果，但因此學生就不會刻意思考可行性甚至建模，徐若婷（2014）針對原住民學童進行創造力的實驗研究。機器人的教學多以零件教學為主，透過零件的堆疊與建構，透過反覆的練習與嘗試錯誤中學習（張永康，2009），即是零件的特性自然會使學生使用嘗試錯誤的做法，而非工程的預測分析。

3. 學生沒有妥善分工合作

學生在製作機器人的過程中必然會經過討論與分工，但到了課程後期，常見整組就只有一位比較認真的同學在參與活動，其餘學生聊天、玩手機的頻率很高，這個論點與Makino（2012）以及Do（2013）所提出的學生在機器人教學中必須使用合作的方式才有可能得到更深入的團隊策略相符，學生不用心，自然所有課程都學不會，能力也不會提升。

因此機器人教學下，學生工程設計能力中的「預測分析」能力，並沒有明顯優於傳統教學。

(三) 機器人教學對工程設計能力—「最佳化」之影響

本研究探討機器人教學對學生工程設計能力之影響，並使用自我量表測得學生相關能力的分數，結果顯示實驗組學生在接受課程

後，「最佳化」能力並無顯著優於控制組學生。「最佳化」能力通常在構思結束後進行，目的是要達到最好的設計，需要考慮許多因素，並使合乎需要的效應達到最大。

1. 學生無法活用所學知識

「最佳化」能力強調學生能夠基於各因素將效益最大化，機器人教學並無法讓學生此能力有顯著提升的原因在於學生對機電的基礎知識都不足，造成學生只能看結果來判斷自己的作品優劣，但要修改又不知如何著手。這個論點與李彥林等人、郭建新、胡蓉（2010）、Makino（2012）、Do（2013）所提到的學生在機器人活動中學習工程知識，但也運用了學科基礎知識的觀點相符，機器人教學包含了電子、機械工程、資訊工程等基礎知識（Akagi, 2015），如學生無法運用這些基礎知識，學習機器人的效果就會打折扣，另外學生通常不會複習生活科技課程所學，也變向加深了這個問題。

2. 教學時間不足

由於這些學生幾乎都是初學機器人，8週的課程活動包含知識教學、程式撰寫、拼組機器人，對這些學生來說學習時間可能稍嫌過短，且一週一次的課程讓這個問題得不到緩解，造成學生不知道如何活用所學理論進行「最佳化」。韓國的機器人

教育體系在經過評估後，在小學就開始慢慢放入相關課程，這些學生成長後從他們身上得到的成效也相當好（Yoo, 2015），本文想引用此論點表達應給予學生更長學習機器人或工程相關課程的時間，例如一學期6-8週，持續兩個學期以上再進行實驗，或許會看到更顯著的成效。另外就如前面所述，學生在課堂上的不用心也可能導致此結果。

因此機器人教學下，學生工程設計能力中的「最佳化」能力，並沒有明顯優於傳統教學。

二、 機器人教學對學生工程設計歷程之差異

本實驗將工程設計歷程分為七個階段，其中機器人教學對於定義問題、可行性分析兩階段的歷程具有顯著差異；其他則沒有顯著差異，此段將分別討論原因。

(一) 「顯著」之工程設計歷程

本研究探討機器人教學對學生工程設計歷程之影響，並使用自我量表測得學生相關能力的分數，並搭配課後訪問進行分析。在「定義問題」歷程部分，實驗組學生有75%的組別說明自己曾經歷過；而控制組的學生僅有29%的組別經歷過。在「可行性分析」歷程部分，實驗組有60%的組別曾經歷過；控制組僅有35%。

1. 教學工具開放性不同

雖然機器人教學蘊含多學科的知識與技術，不過在這兩個階段，學生尚未開始製作，也還不需做最佳化的處理，雖機器人的深度與廣度可以延伸，不過在當下實驗組學生面對的只有樂高機器人與電腦，其中機器人的組件是較無門檻的積木；控制組學生則是開放性的材料與各樣機具，造成控制組學生難以對作品設計與歷程進行思考。這依然與Bobtsov（2012）提到了學生一開始學習工程課程時需要簡單明瞭，費躍農等人

（2008）提及早期的工程課程重點是提供學生體驗，性質應該是淺顯、初步這樣的論點相符，若學生感受到即將面對的課程活動不是自己能力所能掌握，便不容易進行思考。

2. 機器人教學可以提升批判思考與問題解決能力

另外這兩個歷程皆與分析、批判思考有關，Zainal（2012）、Makino（2012）提到機器人的實作可以提升問題解決的分析與批判性思考技能，機器人的活動的進行就是要讓學生思考怎麼去解決遇到的問題，再從程式端、機構端進行改善，此論點也能解釋為什麼這兩個歷程的分數能夠達顯著差異。

因此機器人教學對於「定義問題」、「可行性分析」兩個歷程

的能力是有顯著影響的。

(二)「未顯著」之工程設計歷程

本研究探討機器人教學對學生工程設計歷程之影響，並使用自我量表測得學生相關能力的分數，並搭配課後訪問進行分析。在課後訪問部分，這五個歷程有實驗組比例較高，也有控制組比例較高的，在自我量表部分，則都未達顯著標準。

1. 評量方式不夠多元化

本實驗的評量工具僅有工程設計表現自我量表，雖量表發展過程尚合乎邏輯，但學生的表現是不容易僅用一份量表就呈現出來的，因此未達顯著的原因之一可能是評量工具不夠多元化，無法真正表現出機器人教學對學生工程設計歷程帶來的影響，此論點與Petrina（2007）曾提到大多數老師在進行評量時大多不具有真實性。機器人的課程評鑑要注重多樣化的評價方能有助於全面反映學生在課程中所得。以及生活科技教師在科技教育活動中，必須善用各種評量的方法，才能達成了解學生的學習狀況與成效等目標（王成軍、沈豫浙，2010；周家卉，2008）相符。另外教學時間不足也可能是另一個關鍵性的原因，學生沒有足夠時間自然發展每個過程，在進度的壓力之下把某些過程忽略了，以致能力沒有提升。另外就如前面所述，學生在課堂上的不用心也可能導致此結果。

因此，機器人教學對「確認需求」、「蒐集資料」、「產生想法」、「評估」、「實踐」等五個歷程的能力並無顯著影響。



第五章 結論與建議

本研究旨在探討機器人教學對學生工程設計表現的影響，經由為期8週的教學實驗，以及利用量化資料分析結果，作為提升學生工程設計表現之參考。本章提出主要研究結論及建議事項，以供後續研究參考。

第一節 結論

一、 機器人教學對工程設計之「限制」能力有正向影響

本研究使用機器人教學作為教學活動，結果發現，比起同主題但使用一般生活科技課程之材料與機具的班級，機器人教學對工程設計能力中的「限制」能力具有正向影響。主要結論如下：

- (一)由於初學樂高機器人僅需簡單的套件與電腦，學生不須面對開放的材料與工具，使得他們容易在腦中進行規劃與限制。
- (二)在課程一開始，機器人套件可以引起學生的學習動機及興趣，讓他們願意去思考、探究。

二、 機器人教學對工程設計之「預測分析」「最佳化」能力無顯著正向影響

本研究使用機器人教學作為教學活動，結果發現，比起同主題但使用一般生活科技課程之材料與機具的班級，機器人教學對工程設計能

力中的「預測分析」、「最佳化」能力並無顯著正向影響。主要可能原因如下：

- (一)由於學生先前並沒有接觸工程課程的經驗，且學習背景相似，不易站在不同角度的觀點發現問題，有別於專家經驗豐富且歷練不同，因此學生預測分析的能力並沒有顯著提升。
- (二)樂高機器人模組化的特性讓學生決定不斷重複嘗試，挑戰更好的成果，但同時也加強了學生土法煉鋼的行為，讓學生不去預測分析可能遇到的瓶頸與問題。
- (三)機器人涵蓋領域廣大，包含電子、機械工程、資訊工程等基礎知識，初學的學生難以將所學的知識融會貫通並應用，且堂數少、學生少用心在此科目上的狀況便加深了這個問題，導致學生在最佳化的能力沒有顯著提升。
- (四)學生先前無機器人課程的經驗，加上課程長度僅8週，學生幾乎沒有時間進行最佳化的動作，使得他們在這項能力上並無顯著提升。
- (五)學生在上課時容易聊天、玩手機，這也是學生無法提升工程相關能力的原因。

三、 機器人教學對工程設計歷程之「定義問題」、「可行性分析」能力有正向影響

本研究使用機器人教學作為教學活動，結果發現，比起同主題但使用一般生活科技課程之材料與機具的班級，機器人教學對工程設計歷程中的「定義問題」、「可行性分析」能力具有正向影響。

(一)由於學習樂高機器人僅需簡單的套件與電腦，學生不須面對開放的材料與工具，使得他們容易在腦中進行規劃與限制，並進行可行性分析。

(二)機器人教學的過程需要學生不斷地從程式端、機構端進行思考，可以提升學生的批判思考與問題解決能力，增加定義問題與可行性分析的能力。

四、 機器人教學對工程設計歷程之「確認需求」、「蒐集資料」、「產生想法」、「評估」、「實踐」能力無顯著正向影響

本研究使用機器人教學作為教學活動，結果發現，比起同主題但使用一般生活科技課程之材料與機具的班級，機器人教學對工程設計歷程中的「確認需求」、「蒐集資料」、「產生想法」、「評估」、「實踐」能力並無明顯正向影響。

(一)課程時間不足，無法讓學生有足夠時間自然發展出這些歷程。

(二)實驗的評量工具不夠多元，無法全面反映出學生於課程所學，導致數個項目未達顯著。

(三)學生在上課時容易聊天、玩手機，這也是學生無法提升工程相關能力的原因。

第二節 建議

根據研究結論，本研究提出以下建議，以作為提升學生創意表現及未來研究的參考。

一、對機器人教學運用於高中課程的建議

(一)本研究提到學生是初學機器人，且沒有接觸工程課程以及整合各科知識的經驗，為了因應107年的課綱，提升學生工程相關能力，高中的機器人課程可以更密集，但不要長時間教學，意即一學期6-8週，持續兩個學期以上，內容以淺顯、認識機器人為主。

(二)本研究提到學生在生活科技課堂上鮮少建立良好的工作習慣，不論是工作程序、使用工具的方式，都有賴每位老師在上課時慢慢培養，因此可以利用學習單或小活動，讓學生習慣工程設計歷程，例如建模。

(三)本研究提到學生因樂高模組化的特性，會傾向使用土法煉鋼的方式，可以限制測試次數或增加限制條件，迫使學生必須先思

考再動手，如此活動的內容也較接近工程設計的概念。

二、對後續研究的建議

- (一)學生個體的能力不同，擅長的部份也因人而異，因此建議後續研究能加入差異化教學的觀點來做教學實驗，避免部分學生是因為教材難度無法負荷而無法提升相關能力。
- (二)生活科技課程上的活動一直都不容易僅用單一的評量方法來評斷學生成果，除了量化的資料，若能加入質性的資料，如學習單、課後訪談，能夠更有助於了解學生在學習過程中遇到的問題與感受。
- (三)本研究將溝通與協調的評量拿掉，因為實驗前認為分組必然會有一定程度的團隊合作，但學生表現通常不如教師所想，建議把溝通與協調的評量加入，並在課堂上以分工表、小組互評等方式做約束。

參考文獻

一、中文部分

十二年國民基本教育科技領域課程綱要委員會（2015年9月29日）。

十二年國民基本教育科技領域課程綱要草案。

王成軍、沈豫浙（2010）。開展機器人教育，培養創新能力。**中國地質教育**，**1**，109-111

費躍農、邱建、李衛民、李福明、王鑫、李商旭（2008）。早期工程體驗課程的設計與實踐。**實驗技術與管理**，**25**(12)，13-16。

李彥林、郭建新、胡蓉（2010）。工程訓練課程體系中機器人模塊教學改革。**實驗科學與技術**，**8**(5)，132-134。

李隆盛、林坤誼、莊善媛（2006）。高中生活科技新課程的工程趨向。**課程與教學**，**9**(1)，51-60。

林坤誼（2014）。STEM科際整合教育培養整合理論與實務的科技人才。**科技與人力教育季刊**，**1**(1)，1。

林建良、黃臺珠、莊雪華、趙大衛（2013）。發展一延伸性CIPP課程評鑑模式運用於高瞻計畫課程：以高中機器人課程為例。**科學教育學刊**，**21**（3），237-261。

周家卉(2008)。實作評量在生活科技課程實施之探討。**生活科技教育月刊**，**41**(7)，51-83。

吳向宸、林毅欽、李浩榕、李振發（2013）。機電整合應用與實習。

新文京圖書。

徐若婷（2014）。電腦樂高CPS教學對國小中年級學童創造力發展之研

究：以原住民科學計畫課程內容為例（碩士論文）。國立臺北教

育大學，臺北市。

張玉山、楊雅茹(2014)。STEM 教學設計之探討：以液壓手臂單元為

例。科技與人力教育季刊，1(1)，2-17。

張永康、盧玉玲（2009）。培育教師具機器人教學能力知影響因素。

國民教育，50（1），64-75。

陳怡靜（2012）。從機器人競賽談中小學生的科學素養。教師天地，

178，26-29。

陳怡靜、張基成（2015）。兩岸機器人教育的現況與發展。中等教

育。

國家教育研究院（2014）。十二年國民基本教育課程綱要。2017年1

月08日，取自

http://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/15/pta_2279_8619537_09968.pdf

二、英文部分

- Akagi, T., Fujimoto, S., Kuno, H., Araki, K., Yamada, S., & Dohta, S. (2015). Systematic Educational Program for Robotics and Mechatronics Engineering in OUS Using Robot Competition. *Procedia Computer Science*, 76, 2-8.
- American Heritage Dictionary. (2012). *The American Heritage Dictionary of the English Language(5th ed.)*. New York: Random House.
- Arora, J. (2004). *Introduction to optimum design*. Academic Press.
- Asunda, P. A., & Hill, R. B. (2007). Critical features of engineering design in technology education. *Journal of industrial teacher education*, 44(1), 25-48.
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of engineering education*, 96(4), 359.
- Balaji, M., Balaji, V., Chandrasekaran, M., & Elamvazuthi, I. (2015). Robotic Training to Bridge School Students with Engineering. *Procedia Computer Science*, 76, 27-33.
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E learning bydesign™ model: Maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Bobtsov, A. A., Pyrkin, A. A., Kolyubin, S. A., Kapitonov, A. A., Feskov, A. D., Vlasov, S. M., ... & Shavetov, S. V. (2012). Lego mindstorms nxt for students' research projects in control field. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(11), 102-106.

- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Casad, B. J., & Jawaharlal, M. (2012). Learning through guided discovery: An engaging approach to K-12 STEM education. In *American Society for Engineering Education*. American Society for Engineering Education.
- Carmines, E. G., & Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Do, Y. (2013). Self-selective multi-objective robot vision projects for students of different capabilities. *Mechatronics*, 23(8), 974-986.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing 186 scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67(240), 443-456.
- Dugger Jr, W. E. (1993). The Relationship between Technology, Science, Engineering, and Mathematics.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- EEKELS, J. (1995). Values, objectivity and subjectivity in science and engineering. *Journal of Engeering Design*, 6(3), 173-189.
- Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699.

- Ertas, A., & Jones, J. C. (1996). *The engineering design process*. New York: Wiley.
- Jin, Y., & Chusilp, P. (2006). Study of mental iteration in different design situations. *Design Studies*, 27(1), 25-55.
- Kaiser, H. F. (1974). Little jiffy, mark IV. *Educational and Psychological Measurement*, 34,111-117.
- Kapitonov, A. A., Bobtsov, A. A., Kapitanjuk, Y. A., Sysolyatin, D. S., Antonov, E. S., Pyrkin, A. A., & Chepinskiy, S. A. (2014). Course of lab activities on control theory based on the Lego NXT. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 9063-9068.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14-31.
- Kim, S., Tsourdos, A., Oh, H., Kolaman, A., White, B., & Guterman, H. (2011). Educational hands-on testbed using Lego robot for learning guidance, navigation, and control. *IFAC Proceedings Volumes*, 44(1), 5170-5175.
- Lewis, T. (1999). Research in technology education-some areas of need.
- Makino, K., Matsuo, Y., & Ohyama, Y. (2012). Management of a lecture of robot contest for many students. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(11), 336-341.
- Merrill, C. (2001). Integrated technology, mathematics, and science education: A quasi-experiment. *Journal of industrial teacher education*, 38(3), 45-61.

- Merrill, C., Custer, R., Daugherty, J., Westrick, M., & Zeng, Y. (2008). Delivering core engineering concepts to secondary level students. *Journal of Technology Education, 20(1), 48-64.*
- Middleton, H. (2005). Creative thinking, values and design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education, 15(1), 61-71.*
- Müller, B. C., Reise, C., & Seliger, G. (2015). Gamification in factory management education—a case study with Lego Mindstorms. *Procedia CIRP, 26, 121-126.*
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Welch, G. (2016). Robotics camps, clubs, and competitions: Results from a US robotics project. *Robotics and Autonomous Systems, 75, 686-691.*
- Obama, B. (2009). Remarks made by the president at the national academy of sciences annual meeting. Retrieved September 28, 2012, from http://www.whitehouse.gov/the_press_office/Remarks-by-the-President-at-the-National-Academy-of-Sciences-Annual-Meeting/
- Petrina, S. (2007). Curriculum and instruction design. *Advanced Teaching Methods for the Technology Classroom(online), 251-279.*
- Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania. *Technology Teacher, 68(4), 20-26.*
- Sharma, B., Steward, B., Ong, S. K., & Miguez, F. E. (2016). Evaluation of teaching approach and student learning in a multidisciplinary sustainable engineering course. *Journal of cleaner production.*

- Staniškis, J. K., & Katiliūtė, E. (2016). Complex evaluation of sustainability in engineering education: Case & analysis. *Journal of Cleaner Production*, 120, 13-20.
- Rose, L. C., Gallup, A. M., Dugger Jr, W. E., & Starkweather, K. N. (2004). The second installment of the ITEA/Gallup poll and what it reveals as to how Americans think about technology: A report of the second survey conducted by the Gallup organization for the International Technology Education Association. *The Technology Teacher*, 64(1), S1-S1.
- International Technology Education Association. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. International Technology Education Association.
- Tocháček, D., Lapeš, J., & Fuglík, V. (2016). Developing technological knowledge and programming skills of secondary schools students through the educational robotics projects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 217, 377-381.
- Tsai, C. C. (1998a). Science learning and constructivism. *Curriculum and Teaching*, 13, 31-52.
- Tsai, C. C. (2001). Probing students' cognitive structures in science: The use of a flow map method coupled with a meta-listening technique. *Studies in Educational Evaluation*, 27, 257-268.
- Wilson, M. (2010). Developments in robot applications for food manufacturing. *Industrial Robot: An International Journal*, 37(6), 498-502.

Yoo, J. (2015). Results and outlooks of robot education in republic of Korea. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 176, 251-254.

Zainal, N. F. A., Abdullah, S. N. H. S., & Prabuwno, A. S. (2012). Adapting robot soccer game in student self-centered learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59, 130-137.

Zuga, K. (2007). STEM and Technology Education. *White Paper written for ITEA*, 6. Retrieved from [https://iteea.org/mbraonly/library/whitepaper/STEM\(Zuga\)pdf](https://iteea.org/mbraonly/library/whitepaper/STEM(Zuga)pdf) website:



附 錄



附錄

附錄一 學習單

科技探索課程 — 智慧機器人實作

班級：_____ 座號 _____ 姓名 _____

EV3 軟體

一、EV3 程式主視窗介紹。

1. _____：視窗最上方，包含一般軟體常見的設定相關基本指令。
2. _____：提供命令方塊(程式)，共分為六大區塊，其中較常用的有三個區塊：
 - > 動作指令區-綠色
 - > 流程指令區-橘色
 - > 感應器指令-黃色
3. _____：撰寫 EV3 程式的主要區域。



二、編寫程式

1. 編寫程式時，從命令面板中拖曳所需要的 _____ 出來，如欲增加方塊，則拖曳至前一個方塊後面即可。
2. 如果方塊間沒有正常連接，則未連接上的方塊顏色會 _____，此方塊也無法作用。
3. 在編寫的過程中，如果不小心誤刪或做錯，按下工具列上的 _____ 可回復到上一個狀態。

三、執行程式的步驟

1. 使用 USB 連接線連接 NXT 主機與電腦。
2. 點選 Download 下載寫好的程式，聽到主機發出聲音後即可將線拔除。
3. 執行程式：文件夾圖示→Project→程式 (到這裡，你已經能夠讓車子執行所寫的程式了。)

四、感應器介紹

1. 觸碰感應器：透過按壓感應器來進行感應，又可分為壓下時、放開後、壓下並放開後三種反應模式。
2. 光源感應器：透過光線反射的係數來感應，EV3 的光感應器內部還有顏色(預設色)辨識的功能。
3. 超音波感應器：透過接收反射回來的聲波，判定前方物體距離。
4. 陀螺儀感應器：透過陀螺儀來偵測轉動的角度。

五、邏輯思考原則

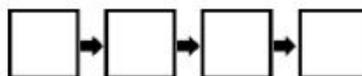
想像機器人就是人類，馬達上的輪子是四肢，感應器是感官，我們要先具體定義一個任務，並且拆解這個任務的所有動作流程。

舉例：小明從住處出發，前進了 100 公尺後遇到紅燈並停了下來
我們可以拆解成以下步驟：

1. 小明前進了 100 公尺，
2. 小明看到了紅燈，
3. 小明停了下來。



因此上類在程式中，程式的寫法應為：



替換人寫程式也是相同的方式，試著將下列任務拆解成動作流程：

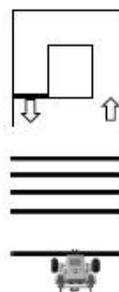
機器人不斷前進直到感應器碰到障礙，接著後退 100 公尺後停下。

六、實作與挑戰

練習：編寫一組程式，使車子能夠繞出如右圖所示之迷宮，並使車子停在終點的黑線上。

練習：利用光源感應器，讓車子停在第五條遇到的黑線上，期間車子不可有停下的動作。

練習：使用超音波感應器，製作一台避障車。



附錄二 工程設計表現量表

工程設計表現量表

本研究為了解學生工程設計表現的現況，請您依製作生活科技課程作品的實際經驗與個人認知，回答下列所有的問題，並圈選適當的選項。本問卷內容僅供研究之用，不會洩露，也不需要填寫個人隱私資料，感謝您撥冗填寫！

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系研究所
—科技與工程教育組

研究生：姚經政研究生
指導教授：張玉山教授

第一部分:基本資料

1.性別：

男性 女性

2.年級：

高一 高二 高三

第二部分:工程設計能力自我量表

題號	題目	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1	我在製作前會先確認作品的功能，再進行設計與規劃。	1	2	3	4	5
2	我在製作前會先確認能使用的材料種類與數量。	1	2	3	4	5
3	我在製作前會先確認能使用的工具。	1	2	3	4	5
4	我會找同學或老師確認任務所給的限制。	1	2	3	4	5
5	我時常製作到一半才會思考要如何把作品的功能結合進來。	1	2	3	4	5
6	設計作品之前，我會先定義出題目的問題(例：如何讓發球裝置連發、如何一次只發一顆球)。	1	2	3	4	5
7	設計作品之前，我會先定義出題目的限制(例：材料費限制 500 元以內)。	1	2	3	4	5
8	設計作品之前，我通常先不管材料或金錢上的限制。	1	2	3	4	5

9	設計作品之前，我會利用書籍、網路等資源找尋需要的資訊。	1	2	3	4	5
10	設計作品之前，我會去網路上搜尋範例作品。	1	2	3	4	5
11	設計作品之前，我會與小組的同學討論，以創造新靈感。	1	2	3	4	5
12	設計作品之前，我會仔細思考蒐集的資料在我/小組的作品中是否用的上。	1	2	3	4	5
13	設計作品之前，我習慣天馬行空思考，而非使用書本、網路蒐集資訊。	1	2	3	4	5
14	設計作品時，我會參考範例作品的設計。	1	2	3	4	5
15	設計作品時，我會思考並避開範例作品所犯的錯誤。	1	2	3	4	5
16	設計作品時，我會簡單構思每一階段的流程。	1	2	3	4	5
17	設計作品時，我會仔細規劃每一階段的流程。	1	2	3	4	5
18	設計作品時，我會簡單繪製設計圖幫助自己瞭解。	1	2	3	4	5
19	設計作品時，我會針對作品的一個問題，提出多個可能性，再從中做選擇。	1	2	3	4	5
20	規劃完製作流程後，我能清楚對老師與同學解說。	1	2	3	4	5
21	設計作品時，我傾向邊做邊想，不會事先規劃製作流程。	1	2	3	4	5
22	設計作品時，我常抱持著先做再說的想法，失敗再重新改良。	1	2	3	4	5
23	製作作品前，我會使用簡單的材料或軟體製作模型以模擬可行性。	1	2	3	4	5
24	製作作品前，我會列出不同的材料思考何者為佳。	1	2	3	4	5
25	製作作品前，我想出了兩種以上的製作方法，我會思考所有這些方式的可行性。	1	2	3	4	5
26	製作作品前，我會跟同學或老師確認我的構想是否可行。	1	2	3	4	5
27	我通常會直接製作作品，發生問題再進行修改。	1	2	3	4	5
28	我會評估範例作品的優缺點。	1	2	3	4	5
29	面對兩種以上可行的設計，我會考慮到「製作時間」來選出最後的設計。	1	2	3	4	5
30	面對兩種以上可行的設計，我會考慮到「耐用性」來選出最後的想法。	1	2	3	4	5
31	面對兩種以上可行的設計，我會考慮到「功能性」來選出最後的設計(例：方便操作)。	1	2	3	4	5

32	面對兩種以上可行的設計，我會考慮到「節省經費」來選出最後的設計。	1	2	3	4	5
33	面對兩種以上可行的設計，我會考慮到「節省材料」來選出最後的設計。	1	2	3	4	5
34	我會羅列所有可能性，評估後再來決定最後的設計。	1	2	3	4	5
35	若能完成課堂目標，我不會特別節省材料。	1	2	3	4	5
36	我通常能夠把自己所設計的作品作出來。	1	2	3	4	5
37	我的作品能夠運行當初設計的功能。	1	2	3	4	5
38	我知道為什麼我的作品能夠運行。	1	2	3	4	5
39	若我的作品失敗了，我能檢討並提出改善的構想。	1	2	3	4	5
40	在作品遇到問題時，我會上網搜尋是否有人遇到同樣的問題。	1	2	3	4	5
41	我沒有辦法製作出自己設計好的作品。	1	2	3	4	5



附錄三 學生作品照片



附錄四 課後訪問紀錄單

班級：S105 座號：21, 33, 8,

1. 你們在設計過程中是否明確訂出這台發球機需要具備那些功能？除了發球之外還有想要做出哪些功能？
是，觸控、路徑等²

2. 承第一題，你們有沒有思考過要納入這些功能，在設計上會遇到什麼困難？
自動校準角度，會很難測量角度。

3. 請問你們在製作過程中，有沒有從外部參考資料呢？資料來源是何處？
向其他組訊問，如何製造，參考他們用的方法。

4. 請問你們設計乒乓球發射器機構的時候，是否有產生兩個以上的構想？分別是什麼樣的構想呢？

- ① 直接投
- ② 用彈射的

5. 你們在正式製作前，有沒有先簡單組裝積木來測試結構能否正常運行呢？
Yes.

6. 你們思考出來的構想，在老師課堂上的限制下(測試場地的限制等)，有沒有產生什麼問題呢？

有可能機器沒電，一直沒辦法順利投入

7. 承第二題，你們是否有將每一個構想都思考過可行性之後，決定出最好的方式？決定出最好方式的關鍵是什麼？(容易做？美觀？具有設計感？等等.....)

Yes, 角度、準確度

8. 溝通與協調：你們在討論時，每個人提出了哪些想法？你們如何分工合作？
一些人負責組裝，一些人負責先寫程式

→長度的長短→重量的關鍵 * 不能太重

9. 有沒有其他製作上遇到的狀況要補充的？

電量充足!!!

附錄五 教案設計

單元名稱	樂高機器人乒乓球發射器設計與製作	班級	高中生	人數	25-40人
教材來源	自編教材	教學日期	年 月 日	時間	800分鐘 共 16節課
教學策略	機器人教學		一般生活科技教學		
教學研究	<p>一、教材分析</p> <p>1.重點：本單元旨在學習樂高機器人的基本應用，包含程式撰寫、感應器使用、機構組裝，培養學生工程設計表現。</p> <p>2.特色：本單元著重在發射器的程式及機構設計，運用小組討論的方式，讓學生互相溝通如何運用所學組裝出的發射器。</p> <p>3.注意事項：若學生初學，或起始能力較弱，可以考慮提供部分範例以利課程進行。</p> <p>二、學生經驗分析(起點行為)</p> <p>學生必須具備的起點行為(能力指標)如下：</p> <p>5-1-1-2 喜歡將自己的構想，動手實作出來，以成品來表現</p> <p>6-1-1-2 培養將自己的構想動手實作出來，以成品表現的習慣</p> <p>7-2-3-8 能安全妥善的使用日常生活中的器具</p> <p>8-3-0-1 能運用聯想、腦力激盪、概念圖等程序發展創意及表現自己對產品改變的想法</p> <p>8-3-0-2 利用多種思考的方法，思索變化事物的機能和形式</p> <p>8-4-6-7 執行製作過程中及完成後的機能測試與調整</p>	<p>一、教材分析</p> <p>1.重點：本單元旨在練習基本手工具與機具的應用，並透過乒乓球發射器的設計製作，培養學生創意思考與工程設計表現。</p> <p>2.特色：本單元著重在發射器的程式及機構設計，運用小組討論的方式，讓學生互相溝通如何運用製作組裝出的發射器。</p> <p>3.注意事項：若學生初學，或起始能力較弱，可以考慮提供部分範例以利課程進行。</p> <p>二、學生經驗分析(起點行為)</p> <p>學生必須具備的起點行為(能力指標)如下：</p> <p>2-3-6-1 認識日常用品的製造材料(如木材、金屬、塑膠)</p> <p>4-3-1-2 了解機具、材料、能源</p> <p>5-1-1-2 喜歡將自己的構想，動手實作出來，以成品來表現</p> <p>6-1-1-2 培養將自己的構想動手實作出來，以成品表現的習慣</p> <p>7-2-3-8 能安全妥善的使用日常生活中的器具</p> <p>8-3-0-1 能運用聯想、腦力激盪、概念圖等程序發展創意及表現自己對產品改變的想法</p> <p>8-3-0-2 利用多種思考的方法，思索變化事物的機能和形式</p> <p>8-4-6-7 執行製作過程中及完成後的機能測試與調整</p>			

	<p>學生必須具備的先備知識經驗如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.科技系統概念：瞭解科技的意涵及系統的概念。 2.工業安全的概念：使用工具時應遵守工廠安全守則。 3.電腦基礎使用：能夠簡單操作電腦 <p>三、教學重點</p> <p>本單元的教學重點如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.關鍵詞：機電整合、工程教育 2.科技觀念：機構設計。 3.材料應用：樂高機器人 45544 套件組。 4.機具操作：(無)。 	<p>學生必須具備的先備知識經驗如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.科技系統概念：瞭解科技的意涵及系統的概念。 2.工業安全的概念：使用工具時應遵守工廠安全守則。 3.乒乓球發射器設計基本概念：了解發射器組成的各部位。 4.基本機具的操作技巧：能運用科技教室裡的線鋸機及鑽床等機具。 <p>三、教學重點</p> <p>本單元的教學重點如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.關鍵詞：機構設計、工程教育、手工具與機具使用。 2.科技觀念：機構設計。 3.材料應用：木板、木條、白膠、鐵釘、木釘。 4.機具操作：手線鋸、線鋸機、美工刀、鑽床、手電鑽。
<p>教學方法</p>	<p>6E 探究教學法：</p> <p>6E 教學模式，是 Burke (2014) 提出，共分為六大步驟。這六大步驟分別如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 概念導入 (Engage)：使用講義、投影片等教學工具等，引起學生的好奇和投入。教師可以透過提問，連結學生之前的學習經驗與知識，並進一步評估學生的能力以決定教學內容的深淺。學生則大略認識本單元的主要概念、確認瞭解學習的內容為何，並設定學習目標、接觸教材及設備。 2. 自身理解 (Explore)：教師利用經過設計的課間活動，提供學生建構自身學習經驗的機會。在此階段，教師可以使用提問引導學生思考問題，鼓勵學生參與討論及小組合作。學生則藉由參與，累積、建構自身的知識。 3. 解釋與定義所學 (Explain)：在課程經過一大段落後，教師透過提問確認學生對於課程目前的認知程度是否正確。學生解釋所學到的東西，並藉由教師的建議加以改良。 4. 工程 (Engineer)：學生運用所學知識，將概念、技術、及態度應用到主要問題，以獲得更深的理解。這個問題可以是教師刻意設計的，也可以是此領域容易碰到的瓶頸，教師在此階段介紹設計與資源的概念及其互動，說明設計的程序並提供相關資源，引導學生在工程設計與探究中學習。若學生在此階段能夠對應問題，提出解決方案，便是對於教師教學的單元有著較深度的理解。 5. 深化經驗 (Enrich)：讓學生做更深入的學習，以便將所學應用到更複雜的問題。教師提供資源，或提供整合性、複合性的題目，例如進階版本的綜合題型，讓學生將目前所學的知識與概念作新的應用。 6. 評量成果 (Evaluate)：讓師生雙方瞭解學習的效果。在研究過程中，教師通常利用前測工具測知學生的學習需求和不足，而在一連串的教學步驟後，利用後測工具確認學生是否達成學習目標，完成形成性與總結性評量。 	

教學資源	<p>一、教學媒體</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.單槍投影機 2.教師端個人電腦或筆記型電腦 3.作品範例 <p>二、工具</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.學生端個人電腦或筆記型電腦 <p>三、材料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.樂高機器人 45544 套件 	<p>一、教學媒體</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.單槍投影機 2.個人電腦或筆記型電腦 3.作品範例 <p>二、機具</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.線鋸機六至八台 2.鑽床兩台 3.手線鋸各組三支 4.尺規等基本繪圖工具 5.美工刀等基本工具 <p>三、材料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.木版 2.木條 3.白膠 4.鐵釘
教學目標	機器人教學	一般生活科技教學
認知目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生能了解機器人的定義 2. 學生能了解機器人在生活上的應用 3. 學生能了解樂高機器人的使用方式 4. 學生能學習到簡易機構的概念 5. 學生能夠知道失敗處並檢討自己作品 6. 學生能學習基本工作程序 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生能了解乒乓球發射器的構造 2. 學生能了解乒乓球發射器的設計原理 3. 學生能學習基本工作程序
情意目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生願意嘗試使用機器人 2. 學生願意了解程式撰寫的方法 3. 學生對機器人感到興趣 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生樂於從事乒乓球發射器的設計與製作活動 2. 對乒乓球發射器感到興趣與好奇
技能目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生會操作機器人 2. 學生會組裝機器人套件 3. 學生會撰寫程式 4. 學生會修改程式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能正確、安全地使用手工具 2. 能正確、安全地使用機具

時間	6E 教學流程	機器人課程簡述	時間分配	一般生活科技課程簡述	時間分配
第一週	概念導入	<p>1.展示樂高機器人成品，簡單介紹本教學活動會用到的機器人零件與積木。為了引起學生興趣，可以到網路上參考一些功能較吸引人的主題，如：二足步行、自動解魔術方塊等，讓學生能夠對學習樂高機器人躍躍欲試。</p> <p>2.詢問學生的了解程度與過往的使用經驗，教師能依此預判學生學習的狀況。</p>	<p>講授教學 20分鐘 活動時間 30分鐘 組裝車體 40分鐘</p>	<p>1.展示乒乓球發射器成品，簡單介紹本教學活動會用到的材料、工具與機具。此時可以展示乒乓球發射器成品，以增加學生興趣</p> <p>2.詢問學生對於生活科技材料與工具的了解程度與過往的使用經驗，教師需要透過學生的回饋盡可能在往後課堂中將每位學生使用機器的能力拉到同樣水準。</p> <p>3.生活科技常見機具介紹&教學，提醒教室工業安全事項。</p>	<p>講授教學 50分鐘 活動時間 30分鐘 整理環境 10分鐘</p>
	自身理解	<p>1.提供簡單範例，帶入小活動請學生跟著拼裝，藉此了解材料特性。例：藍色與米黃色的插銷有什麼不同？請學生實際組裝。</p> <p>2.將基本車組裝好，依照樂高官方提供的手冊來組裝即可。</p>		<p>1.分組討論乒乓球發射器的設計，此時需要從旁給予學生必要的協助，例如協助釐清他們的概念。</p>	
第二週	概念導入	<p>1.主機使用教學，主要介紹如何操控，以及有哪些功能。</p> <p>2.程式撰寫概念講解，介紹樂高程式撰寫軟體的使用方法。</p> <p>3.馬達指令教學，包含馬力、方向、port等需要注意之處。</p> <p>4.學生解題時從旁視情況導引思考。</p>	<p>講授教學 30分鐘 活動時間 50分鐘 收拾清點 10分鐘</p>	<p>1.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學，運用四驅車輪胎與水管進行發射管的製作。</p> <p>2.學生製作時從旁視情況導引思考，特別是輪胎、水管、乒乓球的相對位置。</p>	<p>講授教學 25分鐘 活動時間 55分鐘 整理環境 10分鐘</p>

	自身理解	<p>1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。可設計簡單題目如：直線行走、U字轉彎、轉直角。</p> <p>2.教師說明任務讓學生解決。</p>		<p>1.學生製作「發射管部分」，此時需特別留意學生的加工程序以及加工安全。</p>	
第三週	解釋與定義所學	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。例如上週馬達指令的寫法。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 30分鐘 活動時間 50分鐘 收拾清點 10分鐘</p>	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。例如機具的使用方式，安全概念等。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 25分鐘 活動時間 55分鐘 整理環境 10分鐘</p>
	概念導入	<p>1.馬達指令教學。</p> <p>2.觸碰感應器指令教學。感應器指令的使用，包含壓下、放開、壓下後放開的區別。</p>		<p>1.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學。此時需特別留意學生的加工程序以及加工安全。</p> <p>2.學生製作時從旁視情況導引思考。若進度較快的學生可以針對後續製作步驟導引其與教師討論。</p>	
	自身理解	<p>1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。例如：如何使用觸碰感應器來避障。</p> <p>2.教師說明任務讓學生解決。依照教師範例進行初步的延伸，例如讓避障功能不斷重複執行。</p> <p>3.硬體問題的排除。</p>		<p>1.學生製作「發射管部分」。</p> <p>2.排除機具使用的限制與問題。例如線鋸機的鋸條斷裂，如何更換等概念。</p>	

第四週	解釋與定義所學	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機械複習。例如觸碰感應器的使用方式。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 30分鐘 活動時間 50分鐘 收拾清點 10分鐘</p>	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機械複習。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 25分鐘 活動時間 55分鐘 整理環境 10分鐘</p>
	概念導入	<p>1.觸碰感應器指令教學。將觸碰感應器座位程式執行的開關。</p> <p>2.port view 功能教學。如何利用此功能觀看機器人轉動的角度以及感應器是否正常運作。</p> <p>3.超音波感應器教學。感應器與前方物體距離的辨識。</p>		<p>1.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學。此時需特別留意學生的加工程序以及加工安全。</p> <p>2.學生製作時從旁視情況導引思考。若進度較快的學生可以針對後續製作步驟導引其與教師討論。</p>	
	自身理解	<p>1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。例如：運用超音波感應器，讓機器人感測與人之間的距離，讓機器人一直跟隨著同學。</p> <p>2.教師說明任務讓學生解決，一段時間後可以適度公布提示避免學生乾想。</p> <p>3.硬體問題的排除。</p>		<p>1.學生製作「發射管部分」。</p> <p>2.排除機具使用的限制與問題。例如線鋸機的鋸條斷裂，如何更換等概念。</p>	
第五週	解釋與定義所學	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機械複習。例如：超音波感應器測量距離的原理。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 30分鐘 活動時間 50分鐘 收拾清點 10分鐘</p>	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機械複習。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 25分鐘 活動時間 55分鐘 整理環境 10分鐘</p>

	概念導入	1.超音波感應器指令教學，距離物體指定距離後開始執行其他指令。		<p>1.教師提供其他部分的眾多範例供學生參考。</p> <p>2.乒乓球發射器「發射管」製作介紹與教學。此時需特別留意學生的加工程序以及加工安全。</p> <p>3.學生製作時從旁視情況導引思考。若進度較快的學生可以針對後續製作步驟導引其與教師討論。</p>	
	自身理解	<p>1.教師講解程式的撰寫，提供範例幫助學生了解。此時可以適度帶入綜合觸碰以及超音波感應器的題型讓學生思考。</p> <p>2. 教師說明任務讓學生解決，一段時間後可以適度公布提示避免學生乾想。</p> <p>3.硬體問題的排除。</p>		<p>1.學生製作「發射管部分」。</p> <p>2.學生製作其他部分(如：腳架)，並思考如何與發射管結合。例如：使用螺絲就可以做出可轉動關節，在木條上鑽孔搭配螺絲就可以做出可調整的卡榫。</p> <p>3.學生根據需求設計各式機構。</p> <p>4.排除機具使用的限制與問題。</p>	
第六週	解釋與定義所學	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 20分鐘 活動時間 60分鐘 收拾清點 10分鐘</p>	<p>1.教師透過提問確認學生上週學習的概念是否正確，並藉機複習。</p> <p>2.學生回覆教師問題，並藉由教師的回應改良、更正自己的理解。</p>	<p>講授教學 10分鐘 活動時間 70分鐘 整理環境 10分鐘</p>

	自身理解工程深化經驗	<p>1.教師提供綜合題型，讓學生可以統整目前所學，運用自己覺得最適合的方式。即是學生運用感應器搭配計算，或是土法煉鋼都由學生自行選擇。</p> <p>2.教師在學生解題時從旁視情況導引學生思考。</p> <p>3.公布最終主題：乒乓球發射器，並以範例示範實測情形。</p>		<p>1.學生製作「發射管部分」。</p> <p>2.學生製作其他部分(如：腳架)，並思考如何與發射管結合。例如：使用螺絲就可以做出可轉動關節，在木條上鑽孔搭配螺絲就可以做出可調整的卡榫。</p> <p>3.學生根據需求設計各式機構。</p> <p>4.排除機具使用的限制與問題。</p> <p>5.試運轉，思考實測時可能會遇到的問題</p>	
第七週	自身理解工程深化經驗	<p>1.綜合題型練習。即是學生運用感應器搭配計算，或是土法煉鋼都由學生自行選擇。</p> <p>2.教師說明乒乓球發射器競賽相關規則，包含場地大小、測試時間等。</p> <p>3.學生討論&練習組裝，此時學生可以利用網路找尋相關資料。</p>	<p>講授教學 10分鐘 活動時間 60分鐘 收拾清點 20分鐘</p>	<p>1. 學生針對作品做細部調整，例如：力道過強，需要調整電力或砲管角度</p> <p>2. 。</p> <p>2.排除機具使用的限制與問題</p>	<p>講授教學 10分鐘 活動時間 70分鐘 收拾清點 10分鐘</p>
第八週	評量成果	<p>1.評量學生的乒乓球發射器，當下主要以實測成績為主。</p> <p>2.進行半結構式訪談問卷填答，此訪談由教師說明題目，學生照自己在活動中的情況回答。</p>		<p>1.評量學生的乒乓球發射器，當下主要以實測成績為主。</p> <p>2.進行半結構式訪談問卷填答，此訪談由教師說明題目，學生照自己在活動中的情況回答。</p>	