

# 國中生製作液壓機械手臂的科技創造力表現之探討

## A Discussion of the Technological Creativity of Hydraulic Mechanical Arms Production by Junior High Students

陳璽宇<sup>1</sup> 張玉山<sup>2</sup>

CHEN, SI YU<sup>1</sup> CHANG, YU SHAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立臺灣師範大學 科技應用與人力資源發展研究所 研究生

<sup>1</sup> National Taiwan Normal University of Department of Technology Application and Human Resource Development Student

E-mail : [bennyro7223@gmail.com](mailto:bennyro7223@gmail.com)

<sup>2</sup> 國立臺灣師範大學 科技應用與人力資源發展研究所 教授

<sup>2</sup> National Taiwan Normal University of Department of Technology Application and Human Resource Development Professor

E-mail : [sam168@ntnu.edu.tw](mailto:sam168@ntnu.edu.tw)

### 摘要

本研究之目的在探討科技競賽活動中，國中生面對實作題目與任務導向的規則時，會展現的科技創造力。於 107 年度國中生活科技創作競賽過程中觀察記錄學生表現狀況，然後依照科技創造力量表中之造型變化、組合方法、外加機能三者對「液壓機械手臂」的最終成品表現進行分析探討。結論如下：(1) 在造型變化上，為了克服高度問題，表現成績較佳的隊伍會則藉由抬升高度來解決問題，幫助操作的便利性與順暢度；(2) 組合方法的層面則可以發現參賽國中生擅長使用鉸鏈對傳統構造進行改裝，在組部件獲得更好的運動方式、更強的結構、及更快速的製程；(3) 外加機能方面，發現參賽國中生會利用液壓機械手臂主結構以外之裝置來輔助操作過程，以期獲得更順暢的體驗與更高的分數。

**關鍵字：**創作競賽、科技創造力、液壓機械手臂

### Abstract

The purpose of this study is to explore what kind of technological creativity will be displayed when junior high students face the rules of implementation and task orientation in the creation competition. During the 107th National Junior High School Technology Creation Competition, the students' performance was recorded. Then, according to the Shape Change, Combination Method and Additional Function of the Technological Creativity Table, the final performance of the "hydraulic mechanical arm" was analyzed and discussed. The findings and conclusions are as follows: (1) In order to overcome the high altitude problems, the team with better performance solve the problem by lift the arms up; (2) From the perspective of Combined Method, students attended in the competition are good at using the hinge to modify the

traditional structure for getting better movement, stronger structure and faster assembly; (3) From the perspective of External Functions, the teams use the devices other than the main structure of the hydraulic mechanical arm to assist the operation process in order to get more accessible experience and higher score.

**Keywords : creation competition, technological creativity, hydraulic mechanical arm**

## 壹、 研究背景與動機

培養當代學生的科技創造力，不只是知識經濟與科技發展的社會基石，更是近年課程改革所欲培育的重要能力之一(張玉山,2009)。而伍建學、洪國勳(2002)指出科技競賽能藉由問題解決的學習模式，讓學生體驗團隊合作和動手實作的歷程，學生從中習得真實生活中所需的知識、技能與能力。在任務導向的競賽中，學生更容易於團隊討論的過程激發創意，賴志樞和邱仁佑(2008)即指出科技競賽活動普遍具備「重視創意」的環節，更可由國內目前舉辦的大小科技競賽中看見學生在科技創造力的表現與突破。

## 貳、 文獻探討

在創作的過程中，創意的表現在產生「新」且「實用」的構想，創新則由創意的產出構想並更進一步地創造價值(黎文龍、黃國真,2004;Hall,1996)。科技創造力與一般創造力的異處，在於科技創造力不只是複數種意念的提出，更強調具體成品的產出(李大偉、張玉山,2000)。

Runco、Acar、與Cayirdag(2017)指出，與校內時間相比，學生在校外幾乎每個領域都表現出更多的創造力。Runco(2017)更進一步指出大多數領域在培養學生創造力，都必須仰賴課外時間的活動。科技競賽活動即是具有代表性的場合。

另外，以眾多學者對於產品創新性的分析為基礎，可以利用「新奇與原創、實用與價值」兩個向度來予以架構。在「新奇與原創」向度中，包括特別的、不常見的、獨一無二的、新奇的。在「實用與價值」向度中，包括：功能良好、耐用、多用途、便利、經濟、精密、精美、完整。張玉山等研究者(2009)曾於研究中，針對學生作品的創造力進行評量，除了整體評分之外，提出共六項的產品創意評分架構，如下圖1所示。

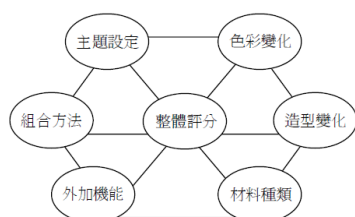


圖 1 創意評分架構

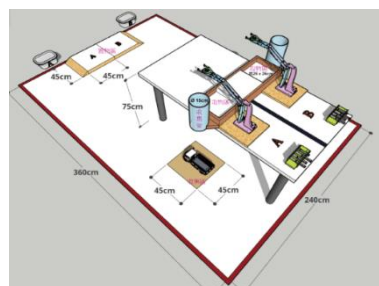


圖 2 競賽場地示意圖

Bibbings、Bieluga 與 Mills (2018) 認為，透過參與競賽活動，學生們需要評估競賽設計的場地、材料和資源，加上小組競爭，他們必須在有限資源與時間發揮最大的功能，而此時也是激發出學生潛質與創造力良好契機。以「科技產品」為主要的競賽產出，來評定科技創造力，也是最適合的方式。

## 參、 研究方法

### 一、 研究對象

本研究以參與「107 年度中華民國國中生活科技創作競賽」之全國參賽隊伍，共計 60 支隊伍；並以其中獲獎(第一名到第五名)的 12 支隊伍為主要研究對象。

### 二、 研究場合與命題

本研究以新北市江翠國中主辦之全國賽為研究場合，當日競賽命題簡述如下：參賽隊伍於競賽當天現場製作一個「液壓裝置」，且需以大會所提供的材料完成，時間限制為 4 小時 30 分鐘。製作完成後，輪流進入競賽區實測。競賽開始時，參賽隊伍必須在 5 分鐘內，由選手控制液壓裝置從「取物區」中抓取物件後，經由收集管移至「收集區」的「運輸裝置」上，在由此運輸裝置將物件運送至「置物區」，最後由物件重量與運載表現計分，如上圖 2 所示。

### 三、 研究工具

本研究以六項的產品創意評分架構為基礎，但僅取其中造型變化、組合方法、外加機能三者對「液壓機械手臂」的最終成品表現進行討論。

## 肆、 研究結果

### 一、 造型變化之表現

「造型變化」係針對統一的目標任務，液壓機械手臂成品造型上的特別設計或差異，選手透過不同的造型設計，以求更佳之表現結果，包括各部位之長度、寬度、高度、形狀、樣式。

贏得第一名與第二名的新北市板橋國中，在液壓機械手臂的底座就與大部分隊伍不同，是率先選擇將底座直接抬升的隊伍，如下圖 3 所示，在新北市地區賽亦獲得了第一名的佳績。



圖 3 板橋國中選手直接將底座抬升



圖 4 較難克服收集管高度之造型

競賽中，當液壓機械手臂夾取物件後，需將所持重物抬升至較取物區更高之收集管上方才可放下。有不少隊伍為了克服此高度，在操作上會較吃力，或需運用較多關節來完成抬升爪子至收集管上方的動作，如上圖 4 所示即較接近大部分隊伍製作的造型，就算能成功夾取物件，在放下之前也花了更多的時間，著實降低了取物效率。

板橋國中兩支隊伍的選手透過抬升底座的造型設計，讓液壓機械手臂的爪子在取物後，可以直接且快速抵達收集管上放下物件，從力學的觀點來看，這樣的設計可以透過較小的力矩抬升上臂帶動爪子，不僅省力，所維持的角度也具備較高的穩定性，而從該隊在 5 分鐘內將 2 公斤的所有物件取完的表現看來，此造型設計確實對他們的競賽表現有正向效果。

同樣為了克服爪子取物後抬升的力矩問題，將液壓機械手臂設計為一懸臂式的結構亦是有效解決此問題的方法，雖底座高度仍等於桌面，但第一主桿的高度已經將整個上臂的高度抬升，讓爪子端的抬升更加省力，在取物後也能高速、省力移至收集管上方放下物件。第三名新北市汐止國中、基隆市中山高中國中部、第四名新北市中平國中、臺北市東湖國中、第五名臺北市東湖國中皆採用如此的造型設計，如右圖 5 所示。



圖 5 東湖國中的懸臂結構

在爪子的造型設計上，研究者將選手主流造型分為大致以下三種款式：鏟爪式、鏟夾式、爪夾式，如下圖 6 所示：



圖 6 由左至右分別為鏟爪式、鏟夾式、爪夾式

三種造型的爪子皆為左右開合，利用開合動作之間的空隙夾取物件，但三種造型的效果甚有落差，以下根據各組選手操作與成果，進行分析與解釋。

- (一) **鏟爪式**：表現最佳，鏟爪式的造型設計，具備了優良的收集力與穩定性，在隊伍平均成績上亦較佳，如新北市板橋國中、新北市汐止國中、基隆市中山高中國中部、桃園市龜山國中等隊伍即採用鏟爪式的造型設計。
- (二) **鏟夾式**：表現次佳，鏟夾式具備較差的收集力但較優的穩定性，如桃園市建國國中、新北市中平國中等隊伍即採用鏟夾式的造型設計。
- (三) **爪夾式**：表現最差，爪夾式的具備較差之收集力與較差之穩定性，使用這類造型的隊伍，名次亦排於較後方。

綜合上述分析可以得知，於此次競賽中學生的爪子造型變化上，即大大影響了取物的表現，其中以鏟夾式的表現最佳、爪夾式最差；若隊伍有搭配更好的主體結構，便可大大提升競賽成績，較有機會獲得前面的名次。

## 二、 組合方法之表現

「組合方法」係指液壓機械手臂各部件連結的方式，選手選用不同的連結方式以達成部件功能、韌性強度、操作穩定性、動作自由度之控制。

在液壓機械手臂教學中，普遍會以連桿式轉盤的底座作為教學設計，此次競賽中，也有些隊伍就是使用這樣的裝置來進行操作，連桿一端連接液壓針筒、另一端連結插在旋轉軸上的底盤，當推動針筒，連桿的運動即會帶動底盤旋轉，達到左右移動的功能。這樣的設計非常講究旋轉軸的強度與韌性，同時底盤的摩擦力也是需要克服的問題，參賽選手在製作的過程中需要較多的經驗與巧思，其功能的完整性亦能有優秀的表現。如新北市汐止國中、桃園市建國國中、桃園市龜山國中所採用的即為連桿式轉盤，如下圖 7 所示。



圖 7 汐止國中採用連桿式轉盤 圖 8 華山國中使用鉸鏈組合底座與第一主桿

今年的參賽隊伍，有許多學校使用「鉸鏈」來解決轉動的問題，現成的鉸鏈即具備金屬的強度與韌性，旋轉軸直接藏於鉸鏈當中，穩定與易達性相對高於連桿式轉盤。在液壓機械手臂的製作中，使用鉸鏈組合底座與第一主桿，讓固定不動的底盤，亦可完成轉動方向的工作，是既有效率、又具備穩定的組合方法；有些隊伍還搭配 L 型角鐵，讓整體的強度再向上提升。如新竹縣華山國中、台北市東湖國中、基隆市中山高中國中部所採用的即為鉸鏈組合裝置，如上圖 8 所示。

桃園市建國國中的另一支隊伍的選手更是將鉸鏈安裝於液壓機械手臂的其它部位，用來組合第一主桿與上臂兩個部件，輔助部件之間做關節式的轉動，如下圖 9 所示；雖然這樣的設計所消耗的木材會較多，但是省去鑽孔與安裝軸的精密製作過程，也較不易出錯，這樣的設計不外乎也是一種有效的組合方法，都是學生面對問題與提升機能的挑戰時，展現科技創造力的表現。



圖 9 建國國中使用鉸鏈組合主桿與上臂 圖 10 敦化國中使用橡皮筋輔助組合部件

在液壓機械手臂在操作過程中，操作者必須在針筒上做推、拉的動作才能達成部件運動的控制，有時這樣的操作會因部件本身重量或取物後的重量增加，導致操作者花費更多的力氣去完成控制，偶有因此操作錯誤或欠妥，導致取物不順、或高度來不及提升而撞到取物區或收集管的問題發生。為了克服這樣的問題，臺北市敦化國中的選手即安裝「橡皮筋」在各部件的組合部位，如上圖 10 所示。利用橡皮筋的彈力與形變自動恢復性質，輔助整座液壓機械手臂在操作過程中的所需施力，幫助較需要力氣的抬舉動作可以更順利地完成，也更有機會可以順利夾取全國賽才加入的罐裝飲料物件。

綜合上述分析可以得知，於此次競賽中學生懂得利用不同的材料和組合方式來提升液壓機械手臂的操作性，但就鉸鏈的使用，即展現了成品機能的差異，同時解決了競賽中可能遇到之問題，這樣的創作即是展現科技競賽中學生的科技創造力。

### 三、 外加機能之表現

「外加機能」係指參賽選手為使液壓機械手臂夾取物件更快、更順，使用特別的方法、額外的巧思增加其得分效能，或輔助整體操作以獲得最佳化之表現。

臺北市東湖國中選手，在物件的夾取表現上很穩定，先前於臺北市生活科技競賽中獲得第一名的成績，在全國賽競賽現場，當天又另行製作了一組「預先裝物件」的承載裝置，如下圖 11。因為在競賽過程中，當收集管下方的運輸裝置離開原本停放位置進行運送後，液壓機械手臂基本上就無法再將所夾取物件從收集管放下，必須等到運輸裝置歸位後才可以繼續進行夾取與放下之操作。



圖 11 東湖國中「預先裝物件」的承載裝置 圖 12 中山國中利用外加配重輔助操作

東湖國中選手們為了避免這段時間的浪費，與液壓機械手臂的功能停止，故製作了「預先裝糖果」的承載裝置，當運輸裝置離開後，液壓機械手臂可以繼續夾取物件，放置於此承載裝置上，等到運輸裝置重新歸位後，隨即將剛剛所夾取的物件從收集管倒下，如此便可增加液壓機械手臂的有效工作時間，獲取更高的表現成績。

在競賽過程中，選手操作液壓機械手臂的順暢度與默契絕對是競賽成績關鍵之一，如何讓操作更加順利，也是每隊選手都需思考的策略。如同前一節所述，若遇到高度來不及提升而撞到取物區或收集管的狀況，不僅會浪費時間，更有機會導致已取得的物件掉落或滑出，故透過外加的部件讓操作更加順利、省時或省力，也會是一門學問。

因此，除了使用橡皮筋之外，也有隊伍選擇在上臂的尾端（爪子的另一側）加裝重物，以平衡爪子取物前後的重量，讓爪子上舉的動作更省力，如基隆市中山高中國中部即選擇用數個螺絲螺帽來調整重量，而高雄市中山國中則吊掛木材輔助上臂的重量平衡，如上圖 12 所示。參賽選手都表示，這些外加的部件雖然在造型上較難看，但是具備很好的功能性，能夠讓他們花較少的力氣來讓爪子舉起，也減少液壓裝置損壞的機會。

綜合上述分析可以得知，在競賽過程中，參賽學生會利用所學，在競賽規則的範圍內為成品增加外加機能，或在原先的主機構上，再外加部件以求更佳之表現。

## 伍、 結論

本研究之目的在探討，於科技競賽活動中，國中生面對實作題目與任務導向的規則時，會展現怎麼樣的科技創造力。透過實際觀察學生於競賽過程中，整體環境的競賽氛圍與自我知覺，對其科技創造力的影響，也期能作為舉辦科技競賽時之參考。

研究者在 107 年度中華民國國中生活科技創作競賽過程中觀察記錄學生表現狀況，然後依照科技創造力量表中之造型變化、組合方法、外加機能三者對「液壓機械手臂」的最終成品表現進行分析探討。發現參與競賽之國中生隊伍，確實能在多方面展現科技創造力，在造型變化上，為了克服高度問題，表現成績較佳的隊伍會則藉由抬升高度來解決問題，幫助操作的便利性與順暢度；組合方法的層面則可以發現參賽國中生擅長使用鉸鏈對傳統構造進行改裝，在組合部件獲得更好的運動方式、更強的結構、及更快速的製程；最後外加機能方面，發現參賽國中生會利用液壓機械手臂主結構以外之裝置來輔助操作過程，以期獲得更順暢的體驗與更高的分數。

而在本研究所探討的科技競賽活動中可以發現，國中生科技創造力之展現有某一部分成效乃是來自於對問題答案的修正。透過錯誤與修正的循環過程，學生從中學習到如何解決自己發現的問題、修正競賽策略與實際操作之技能等，以創意製作出符合需求的成品，這些表現正是科技創造力的體現。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 張玉山、李大偉、游光昭、林雅玲 (2009)。不同範例展示及實作經驗對國中生科技創造力的影響。 *教育科學研究期刊*, 54 (4), 1-27。
- 伍建學、洪國勳 (2002)。淺談國中生活科技競賽績優學生學習經驗。 *生活科技教育月刊*, 35 (7), 36-39。
- 賴志樑、邱仁佑 (2008)。運用多元化教學評量於科技競賽活動之探討。 *生活科技教育月刊*, 41 (7), 30-36。
- 黎文龍、黃國真 (2004)。以創思設計及製作競賽為例分析工程創造力。 *臺北科技大學學報*, 37 (1), 1-14。
- 李大偉、張玉山 (2000)。科技創造力的意涵與教學 (上)。 *生活科技教育*, 33 (9), 7-14。

### 二、英文部分

- Bibbings, H., Bieluga, P. A., & Mills, C. (2018). Enhancing Creativity and Independent Learning of Architectural Technology Students through the Use of a Real Life Design Competition Module. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 12(1), 376-387. doi:10.26687/archnet-iiar.v12i1.1409
- Hall, D. J. (1996). The role of creativity within best practice manufacturing. *Technovation*, 16, 115-121.
- Runco, M. A. (2017). Active ethical leadership, giftedness, and creativity. *Roeper Review*, 39(4), 242-245. doi: <https://doi.org/10.1080/02783193.2017.1362618>
- Runco, M. A., Acar, S., & Cayirdag, N. (2017). A closer look at the creativity gap and why students are less creative at school than outside of school. *Thinking Skills and Creativity*, 24, 242-249. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.04.003>