

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究以「數學概念」及「物理概念」作為分析創作歷程記錄的二個主要面向，藉此分析學童在「蟲蟲危機」之創作歷程所呈現的問題解決方式。而本節將根據本研究的目的，將前述各章的研究發現，歸納於附錄五，並詳細說明如下：

壹、學童科技創新歷程數學概念問題解決方式

學童在製作「蟲蟲危機」的時常常會遭到種種問題，數學概念構面所占的百分比如下：「對稱概念」占 17%、「空間立體概念」占 9%、「測量概念」占 23%、「幾何形狀概念」23%本研究將分析結果說明如下：

一、對稱概念

- (一)馬達箱沒放置於機座中心線上，導致機構前進時的偏離直線方向。
- (二)機構驅動之曲柄為對稱對關係，若是沒有達成對稱機構運行很容易偏離方向。
- (三)各組連接桿的組裝亦為對稱平行的關係，若無法達成對稱，機構很容易偏離直線方向。

二、空間立體概念

- (一)電池盒的最佳位置：以保持機身重心的平衡為主要考量。
- (二)機座的最佳位置：整體機座必須放置於中心線上，以保持機構運作時的準確性，前進時方向才不易偏離
- (三)連桿的最佳位置：連桿間保持平行，連桿與連桿之間利用吸管約束其活動的空間，以達到最佳的運動位置

(四)清楚地瞭解長短、大小、高矮、輕重、寬窄的意義，而且透過實驗做比較，具有量的保留概念。

三、幾何形狀概念

(一)雪翹形：機座側板設計成「雪翹形」，以減低行走時的阻力

(二)矩形：機座底板設計成矩形，有利於電池盒及齒輪箱定位之用。

(三)正方形、長方形等基本幾何圖形之外，還可以說出其間的異同點，會做複雜的圖形設計。

四、測量概念

(一)學童能運用符號、記號、模型、圖形或其他數學語言、清楚傳達量化、邏輯關係。

(二)學童發展邏輯思考，用來分析證據、提出支持或否定假設的論點。

(三)學生自行在不同測量值與統計值之間做連結，並連結數學與其他學習領域。

貳、學童科技創新歷程物理概念問題解決方式

物理概念構面所占的百分比如下：「力學概念」占 44%，「電學概念」占 3%，「材料與加工」占 84%。

一、力學概念

學童在組裝「蟲蟲危機」的機構時，「力學概念」占 44%，其中包含「摩擦力」相關問題，占 58%；「重心」相關問題，占 16%；「力矩」相關問題占 26%。說明如下：

(一)摩擦力概念

- 1.(增加/減少)正向力(W_N)：在機構運轉時，遭遇到因摩擦力(不足/過大)而機身翹起、打滑時，可以在機體上加重負荷物以增加機體底部與地面接觸的摩擦力。
- 2.選用摩擦係數(較大/較小)的材質(μ)：利用在機體底部貼上橡皮管、砂紙等摩擦係數較大之物質，增加機身底部與接觸面的摩擦力。
- 3.把機身底部磨成圓弧形鋤雪橇狀可以達到分散並抵消正向力(N)以減低摩擦力的效果

(二)重心概念

- 1.提升零件加工精密度，避免材料尺寸不對稱產生機構重心偏離。
- 2.利用重物改善機構運作時翹起的反作用力，以平衡機構重心。
- 3.適當配置馬達箱、電池盒位置，以調整機構的最佳重心位置。

(三)力矩概念

- 1.以增加曲柄軸孔間的距離，提高前進的速度。
- 2.以減少曲柄軸孔間的距離，提高拔河的扭力。

二、電學概念

「電學概念」占 3%，其中包含「電池概念」相關問題，占 26.3%；「電線概念」相關問題，占 42.2%；「馬達概念」相關問題，占 31.5%。

(一)電池概念

- 1.利用充電電池，增加電源的持久。
- 2.利用電池串聯，電力比較大。

(二)電線概念

1.確實連接電線：以適當的裸線長度確實連接於馬達上，以防止機構運轉時脫落。

2.電線整線：進行整線以避免纏繞到運轉中的機構材料。

(三)馬達概念

1.改變電流方向：利用正負極調轉改變馬達旋轉的方向，以控制機構前進的方向。

2.利用增加線圈的方式，增加馬達的轉速。(但受限於競賽規則不得任意更改馬達線圈之公平原則，故此方式不可行。)

三、材料與加工

「材料與加工」占 84%，包含包含「密集板加工」相關問題，占 40%；「冰棒棍加工」相關問題，占 52%；「吸管、膠帶加工」相關問題，占 16%；「齒輪加工」相關問題，占 12%；「螺絲、螺帽加工」相關問題，占 20%。

(一)密集板加工

1.磨削加工

(1)以同時磨削對稱材料，以求對稱材料的平行度。

(2)磨削可以補足鋸削時的偏差，因此磨削時儘可以保持磨削面的平穩。

(3)以磨削加強零件加工的精密度。

2.鋸削加工

(1)利用夾具輔助鋸削，以穩定鋸削的施力。

(2)鋸削時務必慢且注意是否偏離工作線。

3.鑽削加工

(1)設定零件加工的基準面。

(2)鑽孔時一個人負責注視，一個人鑽。

(二)冰棒棍加工

- 1.用尺精準的定位軸孔。
- 2.以認真的態度來鑽孔。
- 3.平行度：連桿組裝要求平行。
- 4.固定：材料組裝連接點要確定固定。以防止材料鬆脫。
- 5.組裝工法：在各個材料上標識編號，以求組裝的精準度。
- 6.以適當的力道進行冰棒棍鑽孔，以防裂開。

(三) 吸管、膠帶加工

- 1.利用吸管約束連桿的自由度，以保持機構運行的平行度。
- 2.利用膠帶輔助黏接曲柄的精準度。
- 3.利用膠帶輔助對稱零件加工要求同軸心的精準度。

(四) 齒輪加工

- 1.馬達不動：馬達不動時，檢查電池是否有電、電線是否確定連接及齒輪是否卡死。
- 2.組裝時避免用力過度敲打，以避免破壞。
- 3.組裝後加注潤滑油，以避免磨損。

(五) 螺絲、螺帽加工

- 1.連桿機構組裝不可以將螺帽鎖死。
- 2.使用二個螺帽以避免螺絲、螺帽自鎖現象。

參、問題解決對策之 TRIZ 矛盾分析

學童在製作「蟲蟲危機」的過程中，最常遭遇到有矛盾的情形發生，如因行走時機座底部摩擦力不足容易打滑造成能量的損失、電池盒及馬達箱放置的置位而無所適從。因此以下就這二個問題說明解決此矛盾問題之分析：

一、行走時機座容易打滑：

根據作品創新歷程記錄中，學童在面對機構行走打滑常使用加重物及盲目的於機座底部砂紙，非但沒有解決機座打滑問題，

更衍生出讓機構因而摩擦力過大而無法前進的問題。因此依據物理現象，正確的解決方式：

(一)觀察機座打滑處的地方，並且選擇用加重物的重量或者是使用砂紙(固定件重量)。

(二)利用實驗方式，以數學測量出機構輸出的拉力來決定重物的重量或砂紙的粗糙度(固定件重量)。

二、蟲蟲危機的最佳化設計

(一)直線競速最佳化設計參數

- 1.加長曲柄的長度(移動件長度)。
- 2.減輕機構的重量(固定件重量、移動件重量)。
- 3.調整機座底部的摩擦力大於機構整體重量(固定件重量)。
- 4.減少零件間的摩擦力，於零件活動處加上潤滑油(移動件消耗能量)。
- 5.保持充足的電力(動力)。
- 6.消除機構上有害因素，例如：不必要的重物、多餘的電線長度。
- 7.加強各零件間的結合(移動件耐久性)。

(二)拔河競賽最佳化設計參數

- 1.縮短曲柄的長度，以增加扭力(移動件長度)。
- 2.以加大機座的體積來增加機構的重量，一方面增大摩擦力，另一方面提高機座的重心，利於減低對手的作用力點(固定件重量、移動件重量、固定件體積)。
- 3.調整機座底部的摩擦力大於機構整體重量(固定件重量>力量)。
- 4.減少零件間的摩擦力，於零件活動處加上潤滑油(移動件消耗能量)。
- 5.保持充足的電力(動力)。
- 6.消除機構上有害因素，例如：不必要的重物、多餘的電線長度。
- 7.加強各零件間的結合(移動件耐久性)。
- 8.加強曲柄的強度(強度)。

面對問題提出正確的解決對策，需具備科學知識的運用，才能針對問題的原因並且予以解決。

第二節 建議

壹、對教育工作者的建議

以下針對教育工作者提出研究者的建議：

一、個人學習部份：

科技創作的過程所遭遇除了材料與組裝時的問題外，還包涵週圍環境與家長及老師的期待。因此學童從事科技創作的出發點應以興趣為基礎，並在有經驗的家長或老師的指導下與同伴共同創作、共同解決問題，才可以提昇學童對於科技創作興趣的培養並且為我國建立科技創作的教育基礎。

二、教學部份：

(一)家長

從研究中發現投入的家長是促成學童傑出表現的原因之一，因而在培養學童科技創造力的過程中，家長應伴隨著孩子共同練習，透過親子互動不僅提昇科技創作的學習效果，同時也增進親子關係。

(二)老師

「Power Tech」競賽項目中，蘊含許多物理原理與數學的運算，目的在於提供學童一個應用知識的空間。因此，有經驗的老師如果能有計畫性的引導學童從「做中學」得到知識，並且融入學課程中，都是能幫忙學童對於抽象的物理現象另一種認識的界面。

參、對未來研究的建議

以下針對未來研究提出研究者的建議：

一、在研究對象方面：

本研究受限於時間、人力與經費，僅以「蟲蟲危機」之機構作為研究對象，後續研究者可從不同的「Power Tech」競賽項目中，甚至不同競賽項目的比較中，分析研究所呈現的問題解決的

方式為何。

本研究的研究對象在科技創作學童，然而學童從事科技創作的過程受到指導老師或家長的影響匪淺，未來亦可將指導老師或家長作為研究對象，探討其在科技創作的歷程。

二、在研究工具方面：

本研究以內容分析法作為研究工具，只能了解對於製作「蟲蟲危機」創新歷程記錄之問題解決方式的質與量的分佈情形，至於實際影響學童學習的成效與指導者在教學上產生的意見或問題，本研究無從得知。因此建議未來研究者可運用問卷調查法、焦點團體、訪談法等研究方法，進一步探討優缺點，以作為日後修訂創新歷程記錄的參考。