

九年一貫課程培養學生動手做能力課程規劃之探討

- 以手擲滑翔機為例

李賢哲* 樊琳* 李文慶**

九年一貫課程綱要於自然與生活科技學習領域，其課程目標著重「激發學生創造潛能」；分段能力指標首項，在於教導學生「過程技能」，期能培養學生之基本動手做能力。本文結合科學教育與具實際經驗之模型愛好人士，研發適合國中小學生階段之飛行教材--製造手擲滑翔機。藉著飛行教師實際展示各式飛行模型，培訓學生實際動手做的能力，期能激發學生之興趣、好奇心，主動的動手做，展現多元之歷練與膽識，做為激發科學創造潛能的基石。

本課程實施於國小四年級和國中一年級之兩位個案與國中創意飛行營，實驗教學結果顯示，學生對於飛行的瞭解，能植基於課程中傳導之內容，設計並發展屬於自己特色的機型。於飛行知識與科學技能教學前後開放問卷結果中，學生學習興趣有明顯提高、工具使用之技能增長、和對滑翔機之飛行特性相關描述呈多元化增長。展現動手作之飛行課程，於實際執行過程中，對學生在學習能力與興趣的培養有正向之助益。

關鍵字：九年一貫課程，基本能力，動手做，飛行教材

*作者現職國立屏東教育大學自然科學教育學系教授

**作者現職普羅旺斯飛行工作室

壹、研究源起

目前國民教育九年一貫課程，主要著眼於培養國民應具備之基本能力，為達此目標，共分成七大學習領域，於自然與生活科技學習領域，其中課程目標著重：「培養能運用工具、設備，動手實做的能力和習慣，並進而能培養獨立思考、解決問題，激發學生創造潛能」(教育部, 2001)。有鑑於此，教育部更進一步建議於設計教學活動時，應在教學中達成七項分段能力指標，首項即在於教導學生「過程技能」，藉以培養學生之基本動手做能力。本研究結合科學教育學者與具備實際模型飛行經驗之教學者(簡稱飛行教師)，藉助規劃適合國中小學生階段之飛行教材-製造手擲滑翔機，透過課堂觀察與個案研究來探討學生動手做能力的養成與學習成效。教學過程包括：飛行教師以靜態與動態展示多式飛機模型，學生動手做教學(紙飛機與巴爾沙輕木飛機)，試飛、修正與分享。期能激發學生之興趣、好奇心，主動的動手做，展現多元之歷練與膽識，做為激發科學創造潛能的基石。

實驗教學結果顯示，國小四年級與國中一年級之個案，能植基於飛行課程中傳導之內容，設計並發展屬於自己特色的機型；飛行知識與科學技能前後測問卷結果，出現學生學習興趣提高、使用工具技能增長、和對飛行相關描述呈現多元化增長。說明動手作之飛行課程，於實際執行過程中，對學生展現正向之助益。

貳、課程發展背景

人類自從觀察鳥類如何遨翔天際以來，飛行即成為是長久的夢想之一，先是效法製作羽翼從高處跳下，造就許多當時的科學奇景，而此夢想也因人類科學與教育的蓬勃發展更顯得偉大。萊特兄弟於 1903 年，首先發明能被操控之飛行器，雖已歷經百年光景，人類展現的創造力與飛行的發展，不僅方興未艾，更使得地球的天空，儼然成為交通的要道。隨著進

入二十一世紀，為使這創新能力綿延不絕，許多學者持續對科學教育進行科學課程與學習活動的探討，希望對於學童應具備之科學基本知識與技能，嘗試著建立共識，尤其對於啟發學生創造力的動手做部分。學生是國家未來的主人翁，國民創造力向上提升，有助於國家整體競爭力的發展，其扮演於未來之重要角色，自是不可言喻。有鑑於此，近年來的國民教育發展，逐漸趨向於培養學生創造力之動手做教學設計與活動方式(于瑞珍, 1998)。

教育部(2001)公布國民中小學九年一貫課程暫行綱要，明確闡述目前國民教育改革的方向與重點，對於“自然與生活科技”的學習領域，應傳授學童基本的學科整合知識，更著重於養成國民終身學習之能力。九年一貫課程已於九十學年度起開始實施，目標在於實行“人性化，生活化，適性化，統整化與現代化”的課程，培養身心充分發展的健全國民與世界公民；其中以發展學生創造性思考與解決問題的能力，來面對未來的問題，而這也是目前許多國家政府強調的重要教育目標之一(江新合和唐偉成, 1999)。為達成上述之目標，筆者認為，藉著學生動手做的課程設計著手，並確實執行，使學生從做中學，應是可行的方式之一。

參、文獻探討

一、動手做與科學教育改革

國內對於動手做課程之發展，長期受到傳統升學主義的影響，似乎較流於形式上之呼籲，卻未有實質上之精進；然而，動手做對於學童學習的助益，卻可從小而大，淵遠流長。呂翠夏(1993)提及，從諸多學習領域而言，兒童應是天生的「科學家」，他們對於許多事物保持著好奇、喜歡發問、並且運用其想像力鍥而不捨地追求答案。若能使這些學習者於較小年齡時，就具備直接的、真實的第一手學習經驗，這些經驗往往會給這些學童，帶來許多豐富的學習題材。日後，當學童年齡漸長，更可藉自身之經驗推演，進一步以比喻方式進行多面向之學習。這種學習特質(dispositions)應是

學生本身，具備最有利於學習之條件，同時亦可增進學生追求知識的技巧，達成終生學習之目標。

近年來為推展全民學習，國內有多所科學與科技相關之博物館相繼成立，例如國立科學工藝博物館（科工館）與國立自然科學博物館（科博館），逐漸把動手做的風潮，與親子活動結合，相輔相成，儼然成為當代科學教育的新興活力象徵，實是可喜可賀。于瑞珍（1998）曾對於非制式之科學學習場境，介紹南臺灣高雄科工館之動手做活動，使觀眾能經由親手操作，進而較瞭解各展示品之運作原理與功能；中小學生更可藉此，將課本上所學之原理原則，透過實物加以印證，收其「做中學」之實際功效。制式化之教育學術研究機構對動手做活動之推展也是不遺餘力，例如國立臺灣師範大學與中華創意發展協會（2002），曾主辦了「Power Tech 2002 全國少年科技創作競賽」，由3至4位學生組成合作團隊報名參加，活動進行之流程，主要以「上午動手創作、下午競賽」，藉此讓參加之學生團隊有表現動手創作的機會，期能造就出更多富「思考力」與「實作力」的卓越科技人才。

二、動手做課程與學習

鑑於科學教育改革的浪潮洶湧（American Association for the Advancement of Science, 1993；National Research Council (NRC), 1996），除了強調教學應盡量能與日常生活境況（practical contexts）相搭配外，和動手做相關的課程設計研究更是蓬勃發展。例如，薛梨真（1999）曾規劃實作型研習活動，探討國小教師對於實施統整課程的內涵與回應。研究結果顯示，大多數參加研習活動之老師肯定實作型之課程教學；實際於學校課堂中進行後，對學生之學習不僅具有積極鼓勵功能，也獲得學生家長之正向回饋與肯定。關於國小科技教育與動手做課程之關聯，章順慧（2002）曾以單元教學方式，設計模組化教學，使學生能與新伙伴共同學習，其中採用多種學習模式，提供動手做的機會。研究結果顯示，這種學習模式，

對於科技教育有正向之幫助；學生更可藉由看→問→想→做等步驟，來增進學習的效果。

國外對於動手做的課程設計與科學概念教學和學習之研究不遺餘力，成果也相當可觀與多元。Taylor（2001）曾於科學概念教學中，以建構式學習理論（Cobern, 1993），引進日常生活常見的應用範例，作為以實用切入之類比式教學，以符合 NRC 揭示之科學教育標準（National Science Education Standards）。結果顯示，經由這種以實用觀點取向之概念學習課程後，學生對於科學基本概念的瞭解，較傳統式之教學來的豐富許多（fruitful）。正如學者 Posner、Strike、Hewson 和 Gertzog（1982）提出之見解，若概念教學與實際之內容能銜接，這對於之前無法瞭解的問題，可支持並提供建設性之解答（when concepts related to practical contexts support the solution of previously unsolvable problems）。Richard、Houlihan 和 Margaret（1999）亦曾結合在職教師（in-service teacher）與具備特殊專長之教師（special teachers），互相搭配來教授動手做課程。為期三年的研究發現，學生在歷經此課程後，學業分數進步（strong test scores）、參與感增加（high student participation）、而且學生展現超乎傳統式教學之興趣（interest）。類似的研究，亦適用於工程領域的教學與學習。Shoup（1999）於美國賓州州立大學（Pennsylvania State University）的研究指出，若能結合工業界提供的資源，於課程中讓學生進行動手做之專題研究，促使學員對工業界的實際需求進行評估、發展設計與執行，希能藉此來培育工業界之急先鋒。結果顯示，這種理論應用與社會結合之學習模式，可有效的將被動的教室學習經驗（passive classroom experience），轉化成為主動學習族群（active learning community）。頗富創意之動手做的課程設計，或許能以 Eddy（2002）的從做中學（learning by doing）為例，此學習之模式主要是透過大學教授與學生，於修習植栽與銷售推廣相關課程中，一起照顧培育佔地面積34英畝之果園。藉著師生照顧果園過程中，一起成長，直到收成與銷售處置，樣樣皆需親自

專論

動手。一年後，這些修習課程之學生，對於相關科學課程知識之了解，有極為紮實的基礎（solid grounding）。

三、動手做課程與教育實務

教學與學習主要目的之一，在於傳遞人類對許多學門知識的瞭解與創新，能夠運用的方法與途徑，隨著教育的普及和進步有多元化的發展；以動手做而言，更為科學教育教學與學習提供了一個互動式的平台。然而在升學評量依據仍偏向採考試分數為主要的情勢下，教師使用動手做的課程往往會出現裹足不前的情境。學者 Eick（2002）曾研究職前教師於實習過程（intern）中，受到學校績效政策衍生的影響。雖然美國對其國內科學教育改革的呼聲已二十餘年，傳統的分數測驗（high-stakes testing）仍是學校申請與獎學金獲得的主要依據，在行政的考量下，對教育政策與執行往往造成非正向之衝擊（Veronesi & Van Voorst, 2000）。為求得考試表現，不惜捨棄動手做的課程規劃，取而代之的卻是較傳統式的「考試領導教學（teaching to the test）」之模式（Madaus, 1988；Smith & Fey, 2000）。縱使科教學者大聲疾呼，動手做課程於多元化學習中，扮演之重要角色不容忽視（Daniels & Bizar, 1998）。Friedrichsen（2001）曾依美國科學教育標準（NRC, 1996），設計規劃一系列的國小教師培育課程，試著從動手做的過程中，使職前教師或在職教師，皆能藉此課程，內化基本之科學概念；繼而外化成以探索式（inquiry-based）的學習為取向，以符合當代科學教育中，強調之「帶著走」的學習能力。

肆、課程規劃

一、規劃理念

為了達成培養學生基本能力之目標，應可從動手做工藝的興趣培養做起（李賢哲, 2001）。所謂動手做的興趣，泛指模型，木工、板金工及其他相關的工藝技能製造愛好。由於國中小學生之身心發展，具有待琢磨之可塑性

強，更顯出提供多元化環境刺激與鼓舞之重要性。學童個人興趣的培養，除了受學校教育的影響外，家庭的鼓勵與支持亦是非常重要的因素，而啓蒙的階段應可從小做起。筆者從小對於航空模型的喜好，幾可達到廢寢忘食之地步，也因此認識許多同好，累積許多值得共享之美好經驗。起初是以橡皮筋、竹子、宣紙等來作為建造模型的材料。隨著年紀的增長與經驗的累積，漸漸進入以飛機模型燃料引擎、巴爾沙（Balsa）輕木、遙控電子設備等材料組合，達到遨遊天際的目的。這些較屬於非制式教學的自我學習，使得這些從小累積的愛好與經驗，讓筆者對於機械及電子設備等常識，能夠有所體悉；並且這些經驗也促使筆者於日常生活中，許多自己可動手做的修護事件，例如：普通的電器檢修、簡易的汽車維護、居家用品的設計與製作等，大多迎刃而解。

有鑑於此，筆者僅藉著從小衍生的興趣與愛好，規劃階層性的滑翔機模型製作課程，結合實際動態模型操作與靜態模型之展示，希能將這動手做的工作藝術，融入國中小學生之日常生活當中，並試著藉參與個案之初步成果表現，或能提供制式與非制式教學和家庭親子活動之參考。

本教學實驗課程之設計，希能配合國中、小學課程內容與時數，搭配確實可行之建造活動與操作過程，以年級教案方式來呈現，期能符合學童親自動手做之目的。實驗活動中，學童對自行設計與製作之飛行模型，往往展現高度的興趣。筆者以為，學童能藉著動手做的興趣培養，不僅可訓練其自我學習的能力，也可逐漸培養學童於科學創造的人格特質（毛連塹、郭有遙、陳龍安和林幸台, 2000；李賢哲, 2001）。

二、動手做教學單元

本教學單元聚焦於手擲滑翔機（hand-launch glider, HLG）之製作與設計修改，選擇 HLG 主要考量，因為它結構較單純，不需要模型引擎或馬達等動力裝置；然而其中

卻融入了許多空氣力學與調整技術。藉著飛行者運用腰力直接提供動量予機體，或製作者也可酌量情形，於機體適當位置加上彈射鉤，以彈射方式（橡皮筋）取代手擲，達到升空與享受滑翔之目的。

（一）課程內容

本課程內容主要以融入科學過程技能做考量（李賢哲和李彥斌, 2002），作為培養國小學童於科學學習與創作之基石。研究設計流程如圖一所示。由於學生的年級階段，會影響其使用機械工具之熟練與安全。因此，課程以「學生安全」為最高之準則，安排呈現方式逕以年級，作為篩選課程之依歸，說明如下：

1. 科學概念部分：目前九年一貫課程自然與生活科技課程領域中，尙未有單元專門介紹飛行，與飛行較相關的課程，僅限於鳥類特徵之描述（例如羽毛和毛髮之差異）；空氣流動（例如氣體壓力和氣體遇熱上升）。藉此飛行課程之實施，正可補充較符合實際操作之概念與理論應用，提供教師及相關人士之參考。
2. 操作技能部分：由於學生使用工具之發展，恐受年齡之影響，例如以美工刀切割材料之力道與熟練程度，因此規劃也採合適之材質，以配合學生之年級。藉不同材料特性，學生亦可習得不同材質與工具間之配合與應用。
3. 機體設計部分：建造 HLG 之複雜程度，正比於機體的結構、造型與使用之材料，相對反應到經費支出；而課程進行之順利程度也會對機型的選擇與成品造成影響。因此，需教學者參酌實際情況進行規劃與調整。

（二）內蘊之過程技能

Carin 和 Sund（1989）認為較佳的科學學習課程，應能讓學童練習類似以動手作的過程技能，並從中獲得科學經驗。這種藉由實際體會的科學過程技能，對於科學學習和其他學門之學習，能提供學童應用所學知識之能力。而生活上遭遇的問題，歷經過程技能之訓練，當

學童與日漸長後，仍扮演著重要角色；因為這些經驗能使人們應用系統方法，對遭遇事件提出具建設性推理。因此本國中小學童的動手作實驗活動中，能訓練學童的技能包括：觀察學習、統整分類、選擇決定、設計繪圖、使用工具材料、實驗操作、測量記錄、查看描述、比較分析和命名共十項，教學教案設計如附錄一所示。

教學教案列明單元名稱、教材來源、教材分析、學生經驗、器材，以及教學目標之單元目標與具體目標，並且說明教學活動要點，介紹教學活動、時間分配、教學資源、學習效果評量。教學教案中也註明班級之狀況，包含實驗國小、班級、教師、人數、時間、地點等。

（三）教學過程

教學過程以教授課程內容所需時間，分成二部分；第一節講解飛機外型、結構（小林昭夫, 2003）和模型展示，以「製作設計」為訴求，第二節進行摺紙飛機或小型滑翔機之製作，以「實際操作」為原則。若以教學進度發展，可區分為：準備活動、發展活動與綜合活動。分述如下：

1. 準備活動

旨在激發學童的先備經驗，藉由鳥類與飛機圖片的觀看，使其能利用「看一看」之感官，訓練使用觀察學習的技能。並藉實際參與動態與靜態之飛行模型展示，引發其親身體驗飛行模型的樂趣。

2. 發展活動

藉鼓勵學童自由發表飛機部位結構的說明，再透過老師進一步詮釋，引導學童做「分一分」的動作，加深學習印象，以發展統整分類的技能。學童在正式畫設計圖前，應先「想一想」，就選定設計與製作之摺紙飛機或小型滑翔機的類型，訓練其選擇決定的技能。確定後，學童應能使用紙筆「畫一畫」，展現其設計繪圖的能力，再開始動手「做一做」。完成

專論

後，教師指導學童對於作品，進一步使用工具作量測，例如測量滑翔機之重心位置與機翼厚度之改變，藉以訓練其使用工具與實驗操作的能力。期間，學童還需「寫一寫」，將摺紙飛機或小型滑翔機重要特徵之數據，記錄於記錄單或筆記，訓練測量記錄之能力。

3. 綜合活動

完成設計摺紙飛機或小型滑翔機，在學童對實驗操作結果確定後，以「說一說」的方式，口頭說明其作品重要構造及其功能，並且需加以命名，進一步依自己的設計，完成心目中最合意的作品。完成之作品可於室外或室內合適場所（例室內運動場或禮堂），進行試驗手擲滑翔，並藉試飛，做進一步之調整與紀錄。若飛行性能不滿意時，可再「看一看」成品本身的結構狀況，進行察看與描述，並進一步與同儕的作品「比一比」，試找出其他作品的優點，進行自我改善，訓練比較分析的技能。

伍、課程教學成果與討論

本課程教學之初步成果分成兩部分來呈現：國中和國小個案之成品展現與某國中飛行創意營前後開放式問卷結果之歸納與討論。

一、國中和國小個案

學生經由動手作課程訓練後，若能引起其興趣與愛好，往往可激發個人的創造能力（Vesper, 1979）。如筆者前述，由於國中小學生具備有待琢磨之特性，暫時恐較不易以實際之理論發現或創見，來驗證課程對於其基本能力造成之影響。但經由個案之結果展現，或可窺見課程培育之功效。

（一）國小學童

個案樣本（以 JL 簡稱）曾就讀於屏東市某國小四年級，當時接觸飛機模型約一年。經過 1-4 年級規劃課程訓練後，JL 已能自行運用厚度 3 釐米（mm）之保利龍板為素材，逕行先以原子筆與尺，於保麗龍板上畫出設計圖，以小型美工刀切割後，使用白膠與透明膠帶，

直接將切下零件部分進行配置與接和。JL 自行設計之手擲機，被命名為「噴射一號」，如圖二所示。記錄之主要尺寸：長度為 25.6 公分、翼展為 11 公分、重量為 2.97 公克。JL 之造型設計，可窺見其效法流線型之表現，主要之機體結構與部位配置，大致合乎飛機設計之原則，在黏貼上透明膠帶作為補強與利用迴紋針配重後，噴射一號之重心位置能被正確的量測。

「噴射一號」飛行性能之表現，並不盡理想。主要原因在於全部機體淨重僅數公克，非常容易受戶外風吹之影響。但 JL 已能運用直尺和筆，操控美工刀、黏接及測量等技能，直接表現於自行設計之造型機體，實際參與課程產生之影響，應有正向之加成效果。

（二）國中學生

個案樣本（以 CS 簡稱），當時就讀於台南縣某國中一年級，接觸飛機模型約三個月。經過規劃課程之 7-9 年級部分訓練後，對 HLG 產生濃厚之興趣，在經過多次的嘗試與修改後，CS 總覺得應能擁有屬於自己的機型。遂參考既有之設計圖，自行運用巴爾沙木為素材，加以改良後，建造木製手擲機，命名為「原一號」（如圖三）。其主要之尺寸紀錄：機身長 33 公分，翼展 30 公分，重量為 7.49 克，CS 改良設計之機身結構，已具備相當流線型之表現。機體主要結構堅固，在利用金屬螺絲墊片配重後，整體重心位置能正確量測，預估會有長時間滯空飛行的特性。

「原一號」之實際表現，於合適之飛行環境下，例如，微風、又能覓得上昇氣流，滯空時間往往可達 40 秒（一般初學者之飛行時間約 10 秒），其性能已能擠進 HLG 競賽之規定範圍。值得一提的，乃 CS 家庭親子關係之增進；CS 之家長開始接觸這動手做課程時，對 CS 參與如此非制式之工藝活動，恐會影響其正常學業之發展，故不樂見其成。但 CS 樂於其中，在其成果展現同時，也表現出少有的自信心與專注，預期之負面影響不僅未如預期，

在學校正常學業學習之成績，更顯得相得益彰。CS 家長也感受到 CS 較少沉溺於電視機前，並願意利用較多時間於空曠田野，耐心試飛其作品。而家長感同身受之餘，亦能與之同樂。

二、國中飛行創意營

讓學生展現飛行創意的規劃，主要於高雄市某國中進行，先組成所謂之「動手作創意教學營隊」，參加之學生共 30 位，全部課程安排進行為期兩天。學員之學習成果之呈現，以自行設計與製作手擲滑翔機之展現，搭配以開放式教學實驗前後測問卷（李賢哲等, 2002），進行評估。其中對於科學學習過程技能之訓練與學生基本能力之敘述，選取自創意教學成效評估指標（洪榮昭、林雅玲和林展立, 2002），分別說明如下：

（一）飛行知識

1. 辨知力：參加營隊大部分之學生，已能知悉使飛機機翼產生上昇力量，主要是藉著翼型剖面，利用白努力定律所造成的翼面上、下兩側之壓力差來產生。這相對學生於前測中，只重視飛機具備多少動力直接正比於上升力多寡的認知，明顯的擴展與提升了瞭解。

2. 理解力：飛行營隊教學後，學生已能較詳細了解飛機各構造，例如：主翼、升降舵和垂直尾翼的功用；也瞭解飛機重心位置對於其飛行性能影響之重要性。

3. 鑑賞力：學生在前測中，對於曾閱讀過之科幻小說和漫畫，其中有許多對飛行的描述有超乎現實的憧憬。然而在歷經飛行營後，呈現較合乎目前實際飛行概念，藉此能訓練與培養學生，對於新事物之價值澄清與認知批判的能力。

（二）學習情意表現

1. 自信力：學生在飛行活動前的不安與懷疑，歷經飛行教師與同儕之砥礪下，已能勇於利用自己所知的飛行知識，設計創意飛機，同時也

能從容的介紹其設計理念與展現之性能。

2. 挑戰性：教學前的問卷中，學生對於要求紀錄自行設計的圖面，或多以空白略過；在發問的踴躍程度上，也出現裹足不前的情況。歷經營隊後，在自行設計與發表上，轉變較勇於創作，發問也明顯的言之有物具體化，進而將設計轉化為實際的成品。

（三）理則思考訓練

1. 分析性思考：飛行營隊活動中，大部分的學生已能自行或少部分學員藉飛行授課教師與助教之協助，對自己的滑翔機設計圖，進行構造及功能的分析。

2. 比較性思考：學員對於課程中接觸的材料，例如保麗龍與巴爾沙木，能比較這些材料對結構的影響，與相對的建製過程使用之接著劑之特性。而對滑翔機提供的動力來源，可分成手擲與橡皮筋彈射，也多能體悉其加諸於機體結構與飛行特性之關係，例如用力過猛，易使機體結構解體與不易控制方向的差異。

3. 批判性思考：學員於進行建造創意滑翔機的同時，在核對圖面與實際的切割圖面時，不僅能針對其中結構預測強度之所需，也能對自己的設計作即時之修正與改良。

4. 衍生性思考：學員對於施工材料特性的瞭解，搭配著接觸重力對滑翔機飛行的重要影響，進而轉化為選取合適材料的依據。

（四）聯想思考表現

1. 取代性思考：學員對於飛機機翼上升力的產生，在營隊進行前，大多認為是由飛機的動力來源之一的引擎完全提供，然而在體悉手擲滑翔機之課程後，絕大部分的學員已對此認知，內化為白努力原理的應用。

（五）問題發現與解決能力

1. 知覺力：由於飛行營隊課程中，曾安排試飛與修正的時段，讓學員能針對自己的設計進行

專論

實地驗證；然而，並非所有的學員設計皆能成功完成飛行（起飛、滑翔和降落）。不過，學員在此過程中，已能辨識設計的飛機不適合飛行的主要原因，例如重心位置與展弦比例有待改進。

2. 驗證力：這能力之培訓與上一項之知覺能力相輔相成，學員已能並嘗試將自己的創意滑翔機，在嘗試之後，進行合適的修改，希能獲得更好的飛行性能。

（六）創作表達力

1. 豐富性：學員於這部分有多元化的呈現，對於自行設計的滑翔機融入了許多想像與模擬的意境，例如以鳥類（如圖四所示）或海豚類的造型，作為取決的對象，製作過程中也能適切的表現設計者對外型的想法與規劃，雖然飛行之性能差強人意，然而在作品發表過程中，令人有些美不勝收之感。

2. 新穎性：由於各個設計皆有其特殊之風格與造型，因此每一架自行設計之滑翔機，也呈現了每位學生創作的獨特性。

3. 細緻性：學生於本項細膩的表現，除了對學生之成品的觀摩外，教學後學習單之內容，對滑翔機細部的描述與圖文，明顯有增加的趨勢，而再一次加註的滑翔機設計圖，也有類似於工程設計之架勢。

陸、結論與建議

本研究中，藉由動手做的課程規劃與實施，在兩位個案與一班飛行營團隊進行後，確實能訓練與展現學生自我學習能力；同時也在選定之創意評量項目中，有許多令人耳目一新的表現。教育之主要目的在於傳承與創新，其中學生基本能力的養成，對創新扮演著重要的

角色。基本能力除了學校正規教育培育外，學生多元化興趣的培養，也有助於學生在未來的生命旅程中，開拓觸類旁通的機運。然而，這是需要教師的啓迪與家長之支持，與社會輿論多方面配合，更能顯得相得益彰。從動手做的能力培養過程中，更可激發學生未來在升學及就業中的創造潛力，尤其是在講究「動手做」的科學實驗過程，具備創造能力與發揚，不僅能使個人在學術的專長上有所建樹，更可對於人類的科學發展貢獻一己之力。

時代的巨輪與政府對教育的改革不斷往前邁進，尤其臺灣自加入世界貿易組織（WTO），面臨的競爭更是來自世界各處。如何保有國家的競爭力，永續經營，是未來我們發展的重要契機。學生學習基本能力的培養，從小做起更有其長遠影響，尤其是能透過中小學生動手做的興趣培養。期盼國內的科學教育能開創一個讓學生真正感興趣的動手做環境，不僅可達成國民科學素養的提昇，更可於全民創造力的增長有所助益。或許這個週末闖家重要的行程之一，將是製作手擲滑翔機，親子並能共同享受原野翱翔的樂趣呢！

柒、致謝

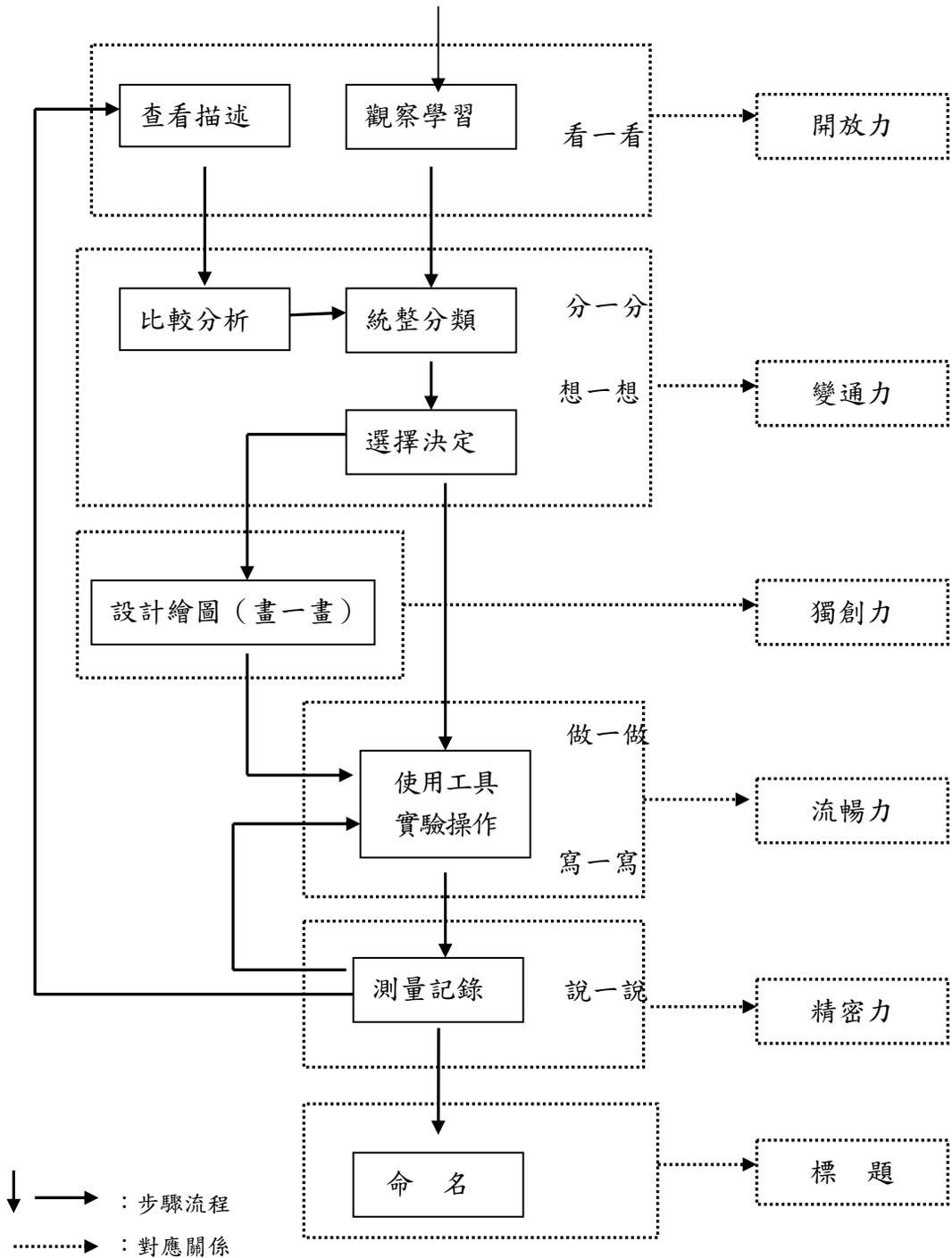
本研究承行政院國家科學委員會經費支持（計畫編號：NSC 91-MOE-S-153-002-X3），王郁文和何莉芳老師協助動手作教學規劃與執行，陳建民老師和陳銘凱老師分析部分前後測問卷，謹此致謝。

參考文獻

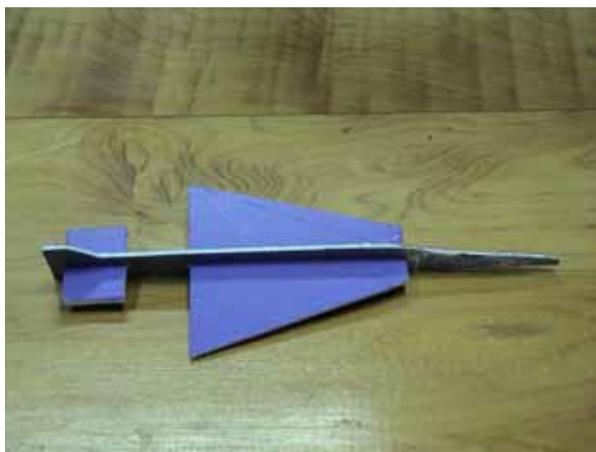
- 于瑞珍 (1998) 初聲試啼—簡介國立科學工藝博物館展示廳動手做活動。 *博物館學季刊*, 12(4), 29-32.
- 中華創意發展協會 (2002) 「Power Tech 2002 全國少年科技創作競賽」決賽新聞稿。國立臺灣師範大學：台北。
- 毛連塏、郭有遙、陳龍安和林幸台 (2000)： **創造力研究**。臺北：心理出版社。
- 小林昭夫 (2003) **圖解飛機的構造與原理**，王政友譯。台北縣：世茂出版社。
- 江新合、唐偉成(1999)開發科學創造力的 V-MAP 教學策略實徵研究。 *科學教育學刊*, 7(4), 367-391。
- 李賢哲 (2001) 以動手做(DIY)工藝的興趣培養中小學童具科學創造力之人格特質。 *科學教育月刊*, 243, 2-7。
- 李賢哲、樊琳、李彥斌 (2001)：從科學活動過程技能中培養國小學童科學創造力。 **九十年度師範院校論文集**。台中：台中師範學院。
- 李賢哲、李彥斌 (2002) 以科學過程技能融入動手做工藝教材培養國小學童科學創造力。 *科學教育學刊*, 10(4), 341-372。
- 呂翠夏 (1993) 從活動中學習—方案教學的實施方法。 *國教之友*, 45(20), 27-32。
- 洪榮昭、林雅玲、林展立 (2002)：國中小創意教師教學策略與成效之研究。 **創造力課程開發國際學術研討會大會手冊**, 125-145。臺北市：國立臺北師院學院。
- 章順慧 (2002) 國小科技教育課程運用模組化教學與設備之初探。 *國教新知*, 48(3), 39-44。
- 教育部 (2001) **國民中小學九年一貫課程暫行綱要**。台北市：教育部。
- 薛梨真 (1999) 從實作型研習探討國小統整課程的實施。 *臺南師院學報*, 32, 175-208。
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for scientific literacy*. New York: Oxford University Press.
- Carin, A. A., & Sund, R. B. (1989). *Teaching science through discovery*, (6th ed.) London: Merrill Publishing Company.
- Cober, W. W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. In K. Tobin (ed.), *The practice of constructivism in science education* (pp. 51-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Daniels, H., & Bizar, M. (1998). *Methods that matter: Six structures for best practice classrooms*. York, Maine: Stenhouse.
- Eddy, D. (2002). Learning by doing. *Western Fruit Grower*, 122(1), 12L.

專論

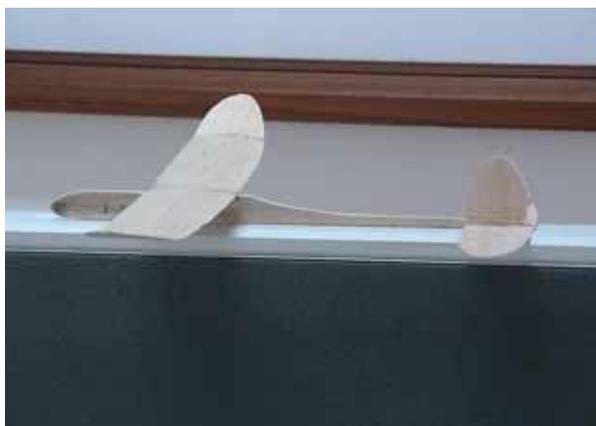
- Eick, C. J. (2002). Science curriculum in practice: Student teachers' use of hands-on activities in high stakes testing schools. *NASSP Bulletin*, 86, 72-85.
- Shoup, S. R. (1999). Learning from experience. *Resource*, 6(4), 9-10.
- Friedrichsen, P. M. (2001). Moving from Hands-on to inquiry-based: a biology course for prospective elementary teachers. *The American Biology Teacher*, 63(8), 562-568.
- Madaus, G. F. (1988). The distortion of teaching and testing: High-stakes testing and instruction. *Peabody Journal of Education*, 65(3), 29-46.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Richard, T., & Houlihan, M. B. (1999). Hands-on learning. *The American School Board Journal*, 186, 22-25.
- Smith, M. L., & Fey, P. (2000). Validity and accountability in high-stakes testing. *Journal of Teacher Education*, 51, 334-345.
- Taylor, J. A. (2001). Using a practical context to encourage conceptual change: an instructional sequence in bicycle science. *School Science and Mathematics*, 101(3), 117-124.
- Veronesi, P., & Van Voorst, C. (2000). Science teacher beliefs: Toward an understanding of state science exams and their influence on teacher beliefs. In P. A. Rubba, J. A. Rye, P. F. Keig, & W. J. Di Biase (Eds.), *Proceedings of the 2000 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*. University park: Pennsylvania State university.
- Vesper, K. H. (1979). New-venture ideas: Do not overlook experience factor. *Harvard Business Review*, 57(4), 164.



圖一、動手作飛行課程設計之理念與流程 (李賢哲等, 2002)



圖二、國小四年級學童個案自行設計之保利龍手擲機（噴射一號）



圖三、國中一年級個案製造之巴爾沙木手擲機（原一號），可見配重墊片置於機頭



圖四、國中飛行營學員以鳥類為主題之滑翔機設計

九年一貫課程培養學生動手做能力課程規劃之探討

附錄一

單元名稱	小小飛機工程師		國小		人數		
教材來源	國科會國小學童科學創造力特性及開發之研究		班級	年 班	時間	80 分鐘	
			教師	李文慶	地點	工藝教室	
教材分析	1. 藉由動手做模型之活動，培養國中小學生之基本能力，例測量和操作工具。 2. 國中小學生經過動手做之過程技能訓練，能啟發其科學創造潛力。						
學生經驗	1. 曾觀察過飛機、飛機模型或鳥類實際飛行。 2. 曾經歷摺紙飛機遊戲或放風箏的遊戲。						
適合年級：1-2							
器材：西卡紙、鉛片或迴紋針、直尺、三角板、口紅膠水、美工刀、膠帶							
教學目標	單元目標			具體目標			
	1. 了解飛行的意義。 2. 認識飛機的結構。 3. 熟悉手擲滑翔機的製作方式。 4. 了解滑翔機的基本性能。 5. 能調整手擲機的飛行特性。			1-1 可以說出鳥類飛行的原理。 1-2 能夠舉例說明飛行或滑翔的例子。 2-1 至少說明飛機的主要構造。 3-1 能夠畫出飛機基本外型。 3-2 正確完成手擲滑翔機。 4-1 正確利用鉛片調整手擲機的重心。 4-2 可以正確調整修正機翼形狀。 5-1 能自行調整不同飛行姿態的手擲機。			
教學活動要點	第一節 飛機外型及結構介紹與模型展示			第二節 摺紙飛機或小型滑翔機製作（註一）			
教學目標		教學活動			時間分配	教學資源	學習效果評量
單元目標	具體目標						
1. 了解飛行的意義。	1-1 可以說出鳥類飛行的方式。 1-2 能夠舉例說明飛行或滑翔的例子。	(1) 第一節 甲、準備活動： 1. 提供鳥類飛行影片欣賞並舉例說明其飛行的方式。 2. 提供飛機圖片欣賞並說明飛機飛行的方式。 3. 實際參與動態與靜態展示飛行模型			3 分 2 分 5 分	影片 圖片 影片 各式模型	至少簡單說出鳥類之飛行方式。 說明飛行或滑翔與鳥相似。 至少說明三樣飛機的構造。
2. 認識飛機的構造。	2-1 能夠說出飛機特徵。	乙、發展活動： 1. 請學生自由發表飛機各部位結構的名稱。 2. 老師說明飛機各部位結構的功能。 3. 請學生在紙上畫出飛機的外觀結構。			5 分 5 分 5 分	黑板 粉筆	至少說出一項飛機特徵。 至少畫出機身及機翼。
3. 熟悉飛機的摺紙					5 分		

專論

方式。	3-1 能夠畫出飛機基本外型。 3-2 正確完成紙摺飛機。	4. 老師邀幾位學生講解自己的飛機圖形。 5. 請小朋友開始製作飛機模型。	5 分 10 分	白紙 模型	
4.了解飛機的基本性能。	4-1 正確利用線量出飛機的重心。 4-2 可以正確調整修正翅膀厚度。	(2) 第二節 1. 請學生先用手測試飛機模型前後左右的重心。 2. 請學生再用線支撐測試飛機模型的重心。 3. 請學生將模型機翼拗成更適合飛行的形狀。	5 分 5 分	細線 砂紙	飛機能保持前後左右平衡。
5.變化摺紙飛機的造型。	5-1 能夠自行完成不同造型的飛機。	三、綜合活動： 1. 請學生依自己的設計，自行完成心目中最佳的摺紙飛機。 2. 拿著摺紙飛機至室外試飛。	10 分 10 分	摺紙 模型	機翼模擬成白努力翼型。 完成摺紙飛機之模型。至少飛行三公尺。

註一：手擲機參考網站

1. <http://home.pchome.com.tw/shop/tonys2000/>
2. <http://f4bscale.worldonline.co.uk/index.htm>
3. <http://xoomee.com/airlinks.htm>
4. <http://wefly.com.tw>

適合年級：3-4						
器材：西卡紙、鉛片、直尺、三角板、口紅膠水、美工刀、細鐵絲						
教學活動要點		第一節 選擇合適之手擲機造型	第二節 手擲滑翔機製作			
教學目標		教學活動		時間分配	學習效果評量	
單元目標	具體目標			教學資源		
1. 實際繪圖與工具操作	1-1 選擇與畫出直線結構之機型。 1-2 能夠運用美工刀與合適工具完成初步機體。 2-1 能將機翼剖面摺成合適之形狀。	(1) 第一節 甲、準備活動： 1. 提供多種手擲機之造型並舉例說明其飛行的特性。 2. 選擇合適之機型。 乙、發展活動： 1. 請學生自由發表選擇之飛機名稱（註一）。		3 分 2 分 5 分	圖片 實物 影片 各式模型 黑板 粉筆	能說明選擇之依據與特徵。

2. 認識飛機的機翼剖面。		2. 老師說明紙飛機各部位結構的功能。	5 分		
	3-1 正確完成手擲機。	3. 請學生在紙上畫出飛機的外觀結構。	5 分	西卡紙	畫出機身水平尾翼方向舵及機翼。
3. 熟悉手擲機的製作方式。	4-1 正確利用工具量出飛機的重心。	4. 老師請幾位學生講解自己的飛機造形。	5 分		
4. 了解手擲機的基本性能。	4-2 可以正確調整修正翅膀厚度。	5. 開始製作手擲機。	15 分	模型	飛機能保持前後左右平衡。
		(2) 第二節		鐮子	
		1. 學生先以手粗測飛機重心並進行試飛。	5 分	翼型剖面	機翼模擬成白努力翼型。
	5-1 能夠自行調整副翼升降舵方向舵達到最長滯空時間之飛行。	2. 再以合適工具支撐，精密量測飛機重心(註二)。	5 分		
5. 操控手擲機的飛行。		3. 學生應將機翼拗成適合飛行的形狀。	5 分	紙手擲機	完成手擲機，能滯空十秒。
		三、綜合活動：			
		1. 學生依自己的選擇設計，自行完成手擲機。	10 分		
		2. 將手擲機至室外進行試飛調整與紀錄(註三)。	15 分		

註解：

1. 取決於操控美工刀等工具之靈活特性，建議學生選擇直線造型機體與單上反角之設計，以增加學生成功之經驗。
2. 粗測之用意乃使學生不藉工具，達測量目的；並可進一步比較應用工具測量對實際設計之差異與影響。
3. 手擲機性能與調整，有絕對之影響；量測手擲機之性能，按中華民國滑翔機協會之競技規定，應以「滯空時間」為取決標準。

適合年級：5-6					
器材：西卡紙、鉛片、直尺、三角板、口紅膠水、美工刀、細鐵絲、橡皮筋					
教學活動要點		第一節 選擇合適之手擲機造型	第二節 手擲滑翔機製作		
教學目標		教學活動		時間分配	教學資源
單元目標	具體目標				學習效果評量
1. 實際繪圖與工具操作	1-1 選擇與畫出直線結構之機型。	(1) 第一節 甲、準備活動：		5 分	圖片 實物 展示 影片
	1-2 能夠運用美工刀與合適工具完成初步機體。	1. 提供多種手擲機之造型並舉例說明其飛行的特性。 2. 選擇合適之機型(註一)。		5 分	

2.認識飛機的機翼剖面。	2-1 能將機翼剖面摺成合適之形狀。	乙、發展活動： 1. 請學生自由發表選擇之飛機名稱（註二）。 2. 老師說明紙飛機各部位結構的功能。 3. 請學生在紙上畫出飛機的外觀結構。 4. 老師請幾位學生講解自己的飛機造形。 5. 開始製作手擲機。	5分	各式模型	
	3-1 正確完成手擲機。		5分	黑板粉筆	畫出機身水平尾翼方向舵及機翼。
3.熟悉手擲機的製作方式。	4-1 正確利用工具量出飛機的重心。	(2) 第二節 1. 學生先以手粗測飛機重心並進行試飛。	5分	西卡紙	
4.了解手擲機的基本性能。	4-2 可以正確調整修正翅膀厚度。	2. 再以合適工具支撐，精密量測飛機重心（註三）。 3. 學生應將機翼拗成適合飛行的形狀。	5分	模型	飛機能保持前後左右平衡。
	5-1 能夠自行調整副翼升降舵方向舵達到最長滯空時間之飛行。	三、綜合活動： 1. 學生依自己的選擇設計，自行完成手擲機。 2. 將手擲機至室外進行試飛調整與紀錄（註四）。	5分	鑷子	機翼模擬成白努力翼型。
5.操控手擲機的飛行。			5分	翼型剖面	
			10分	紙手擲機	完成手擲機，能滯空十秒。
			15分		
註解：					
<p>1. 可選擇具彈射鉤之設計，以橡皮筋彈射作為動力之來源。</p> <p>2. 取決於操控美工刀等工具之靈活特性，建議學生選擇<u>曲線造型</u>機體與<u>雙上反角</u>之設計，以增加學生磨練技能之機會與經驗。</p> <p>3. 粗測之用意乃使學生不藉工具，達測量目的；並可進一步比較應用工具測量對實際設計之差異與影響。</p> <p>4. 手擲機性能與調整，有絕對之影響；量測手擲機之性能，按中華民國滑翔機協會之競技規定，應以「滯空時間」為取決標準。</p>					

適合年級：7-9					
器材：厚度 5mm 和 2mm 巴爾沙木板、鉛片、曲型尺、三角板、瞬間膠、美工刀、小型鉋刀、鋼琴絲、#150 和 #400 砂紙、橡皮筋、口罩					
教學活動要點	第一節 選擇合適之手擲機造型	第二節 手擲滑翔機製作			
教學目標	教學活動		時間分配	教學資源	學習效果評量
單元目標	具體目標				

1.實際繪圖與工具操作	1-1 選擇與畫出直線結構之機型。 1-2 能夠運用美工刀與鉋刀完成初步機體。	(1) 第一節 甲、準備活動： 1. 提供多種手擲機之造型並舉例說明其飛行的特性(註一)。 2. 選擇合適之機型(註二)。	5分 5分	圖片 實物 展示 圖片 影片	能說明選擇之依據與特徵。
2.認識飛機的機翼剖面。	2-1 能將機翼剖面磨成合適之形狀。	乙、發展活動： 1. 請學生自由發表選擇之飛機名稱(註三)。 2. 老師說明紙飛機各部位結構的功能。 3. 請學生在巴沙木畫出飛機的外觀結構。	5分 5分	各式 模型	畫出機身機翼水平尾翼及方向舵。
3.熟悉手擲機的製作方式。	3-1 正確完成手擲機。	4. 老師請幾位學生講解自己的飛機造形。 5. 開始製作手擲機。	10分	黑板 粉筆	
4.了解手擲機的基本性能。	4-1 正確利用工具量出飛機的重心。 4-2 可以正確調整修正機翼副翼角度。	(2) 第二節 1. 學生先以手粗測飛機重心並進行試飛。 2. 再以合適工具支撐，精密量測飛機重心(註四)。 3. 學生應將機翼磨成適合飛行的形狀。	5分 5分	巴爾 沙木 模型	飛機能保持前後左右平衡。
5.操控手擲機的飛行。	5-1 能夠自行調整副翼、升降舵、方向舵達到最長滯空時間之飛行。	三、綜合活動： 1. 學生依自己的選擇設計，自行完成手擲機。 2. 將手擲機至室外進行試飛調整與紀錄(註五)。	5分 5分	鐮子 翼型 剖面	機翼磨成白努力翼型。
			15分	巴沙木 手 擲機	完成手擲機，能滯空十五秒。

註解：

- 經過建造紙手擲機之經驗後，應可進一步操控美工刀與小型鉋刀等工具，由學生選擇合適造型機體與單或雙上反角之設計，以磨練學生進階之動手能力。
- 磨製機翼之過程，先以鉋刀刨出機翼之雛型，再以#150砂紙初磨，並進以#400細磨。
- 使用砂紙過程會產生木屑，應以口罩保護呼吸器官，避免吸入。
- 粗測之用意乃使學生不藉工具，達測量目的；並可進一步比較應用工具測量對實際設計之差異與影響。
- 手擲機性能與調整，有絕對之影響；量測手擲機之性能，按中華民國滑翔機協會之競技規定，應以「滯空時間」為取決標準。

A Curriculum to Facilitate Pupils' Hands-on Abilities : Building Hand Launch Glider

Shyan-Jer Lee * Lynn Farh * Wen-Chin Lee **

One of the main goals of the contemporary nine-year continuous curriculum is to improve the students' learning abilities and scientific literacy. In order to achieve the goal, we need to facilitate students' process skills through hands-on activities. This hands-on curriculum design we utilize hand launch glider (HLG) as an example. Before the pupils design and construct their own HLG, aeronautical teachers dynamically fly radio controlled (R/C) models allowing pupils to gain experience in aerodynamics. To strengthen pupils' capabilities in comparison and observation, various static models are also demonstrated. The tasks for pupils to perform in the teaching and learning processes are the followings: 1. draw the design, 2. measure and construct the design, 3. adjust the model, 4. trial and error, and 5. readjust. Trial and error is one of the key philosophies in testing their own design. Observation records, model inspections and open questionnaires are among the collection of our data. The results from two case studies (4th and 7th grade) and one flying camp, show that pupils' in the aerodynamic design, tool and material applications, and scientific processes are improved significantly. The facilitation of the interest in aeronautic sports also allows pupils to learn more contexts in their extra-curriculum. This self-learning experience is one of the main factors affecting the outcomes in pupils' life-long learning experience.

Keywords: basic capability, curriculum design, flying course, hands-on

*Professor, Department of Natural Science Education, NPUE

** Province Flying Workshop