

「機」不可失 嘆為「關」止— 從機構原理探究到創意機關盒設計

研究者：唐翊甯、陳可昕、陳君妍、趙奕涵

指導老師：蔡佩蓉老師

研究摘要

機關盒歷史發展久遠，且跨越中西廣大地域，而其中的構造與機械裝置都十分有趣!本研究透過文獻資料的蒐集與整理，深入瞭解機關盒的發展起源，分析與討論其中所包含的機關原理與構造設計。研究歷程中嘗試以不同的素材(色子機關盒、積木機關盒、密碼機關盒、迷宮機關盒等)進行發想與創作，設計產出多款有趣且具有挑戰的機關盒，期望能有更多人可以一同體驗機關盒的趣味與挑戰性。

第一章 緒論

一、研究動機

正當我們為研究的主題煩惱時，偶然在《鬼滅之刃》漫畫裡看到秘密盒子的場景，覺得好有意思！因此又從網路上找了寄木細工機關盒的資料與影片介紹，從外觀看起來是普通的木盒，完全看不出任何開口，也無法讓人區分頂部和底部，實際上盒子裡面有一個秘密隔間的設計，只有知道正確的方式與步驟才能打開這個盒子。看完後，我們對其中的機關感到十分好奇：機關盒有哪些特殊的設計？為何有些機關盒不用釘子或膠水也能固定？除了探究其中的設計原理以外，我們也很想要挑戰動手做出有趣又有創意的機關盒，於是一番討論後就選定它作為我們的研究主題。

二、研究目的

- (一) 深入瞭解機關盒的發展起源。
- (二) 探究機關盒的設計原理。
- (三) 能實際製作一個機關盒。

三、研究問題

- (一) 機關盒的起源為何？其功能有哪些？
- (二) 機關盒的設計原理有哪些？
- (三) 機關盒的製作技巧為何？

四、名詞解釋

- (一) 機關盒：指有機關設計於其中的盒子，需要一定步驟和技巧才能開啟，早期設計是用來存放貴重物品的盒子，具有防盜和收藏的用途。
- (二) 榫卯：是一種中國傳統建築的結構方式，結構中凸出的部分叫做「榫」或「榫頭」，而凹進去的部分稱為「卯」，將其中一個「榫」插入另一個「卯」中，兩者結構咬合並固定，便組成了「榫卯」。

第二章 文獻探討

一、機關盒之起源與發展

機關盒，又稱祕密盒，早期設計是用來存放貴重物品的盒子，防止被他人奪取。歷史可追溯到西元 19 世紀末，一位名叫大川隆五郎的箱根木工名匠為了將寶石、金錢等貴重物品藏起來所構思設計的，秘密箱的表面採用了箱根傳統工藝「寄木(拼木)」工法(圖 2-1)，根據木材的顏色來選擇不同的木材，包括了櫻木、漆木、日本蓮香木等，活用木材本身所擁有的天然色澤，來拼湊出特別的花紋，運用這種工法做出的工藝品稱為寄木細工(よせぎざいく)，即木片拼花工藝品，是日本箱根的一種傳統工藝品(圖 2-2)。



圖 2-1



圖 2-2

是一種益智玩具，造型為盒子，有些只需一步就能打開，有些則需要一定步驟的技巧才能開啟，最早是為了將寶石、金錢...等貴重物品藏起來。機關盒的組合方式沒有用到任何釘子或黏合劑，只使用木片的凹槽處接合。想要順利的打開它必須得滑動不同的木片，因為在箱子的表面和內側都暗藏了小機關，如果不先設法用正確的順序解開的話就無法打開盒子。

明清時期的「多寶格」也是經典的機關盒設計，是由許多不同大小且開啟方式各異的箱匣和格子所組成。乾隆皇帝因為愛收藏古董，特地將尺寸小的各式古玩收集起來，用漂亮的漆盒搭配各種結構不同的抽屜與匣來盛裝，通稱為「百什件」(圖 2-3)，為了收藏與搬運方便，特別製作造型統一的外盒，以珍貴的紫檀木鑲嵌象牙花案而成，並在盒蓋上刻出名字，其精巧設計在於收藏時

需要打開盒子，將側板拉出，再將底板拉出後，將內盒置於底板上，便可連同底板推入盒中(圖 2-4)，妥善收納，就像進入一個尋寶遊戲中。



圖 2-3

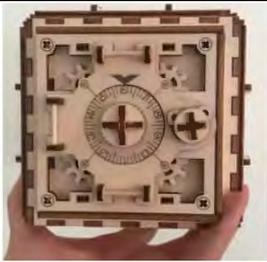


圖 2-4

二、機關盒的構造

古中國機關盒運用各種巧思創意，形成開啟方式多樣有趣、具備不同設計樣貌並結合榫卯工藝之系列機關盒，而機關盒的構造設計十分多元，有些機關盒的設計分為兩層(內層與外層)，目前市面上較常見的機關盒設計多位於外層，盒體會有一些裝飾，有些機關盒是會運用附加的鑰匙來開起層層的關卡設計；另一種則是機關在內層的機關盒，大多要用翻轉，敲打等方式來打開。

我們將常見用於設計中的機關整理分類，說明與介紹如下表(表 2-1)。

機關名稱	機關圖片	解鎖方法
齒輪		透過一組或多組齒輪的咬合轉動來傳遞動力與控制動作順序。當轉動一個齒輪時，其他齒輪也旋轉，可能觸發某個隱藏結構或使機關開啟。
磁力結構		利用磁鐵的吸引或排斥力作為開關的觸發條件，做為控制機關的開啟或隱藏功能。通常搭配非金屬材質(木頭和塑膠)來隱藏磁鐵位置，使玩家無法直接觀察到它。

<p>偏心輪與凸輪機構</p>		<p>利用非對稱圓形（偏心輪）或特殊形狀的凸輪來改變接觸件的動作軌跡，製造「看起來簡單、實際複雜」的動作邏輯。</p>
<p>滑槽、滑塊與滑軌</p>		<p>利用滑槽、滑塊等構件進行線性移動，透過推、拉、旋轉等方式驅動部件滑動，觸發下一步機關。</p>

針對結構類型進行特色與體驗感受之分析，其分析結果如下表。

結構類型	特色	體驗重點
齒輪結構	可創造複雜連動效果，提升機關盒的互動性與美觀性。	結構可視化、連鎖解謎
滑動結構	結構簡單但變化多，可組合成多步驟連鎖機關。	記憶與順序挑戰
磁力結構	可隱藏機關，創造神秘感，適合設計為「隱藏解鎖提示」。	發現樂趣與隱藏互動
卡榫結構	製作木器時，以凹凸相入接合兩件材料，其中凸的部分即稱為「榫」。	不需要釘子或黏著劑，可以直接卡緊

三、機關盒的相關研究

機關盒的相關研究大多分散於機械益智遊戲研究的相關書籍中。Hoffman 詳細介紹 19 世紀時期各種益智遊戲與玩具，圖文並茂的解說並探討設計原理及其解謎過程，書中介紹多款以摩擦力、螺旋、插銷、榫卯、迷宮等方式進行設計的機關盒，如下圖 2-5 所示這款桶型盒內有一顆小球，需要使用一木棍插入桶內並壓住小球，藉由按壓產生的摩擦力，才能轉動桶盒並藉由小球移動排除障礙物；圖 2-6 所示的是一款使用螺旋原理設計的機關盒，其設計方式是將內螺紋的直徑略為放大，若只是旋轉上面的蓋子，因內螺紋較大使得上蓋只能空轉，開啟此盒需要使用拇指與食指輕壓外盒，才能讓內螺紋與上蓋下方螺紋相互接觸，藉由旋轉及螺旋運動作用移除上蓋。

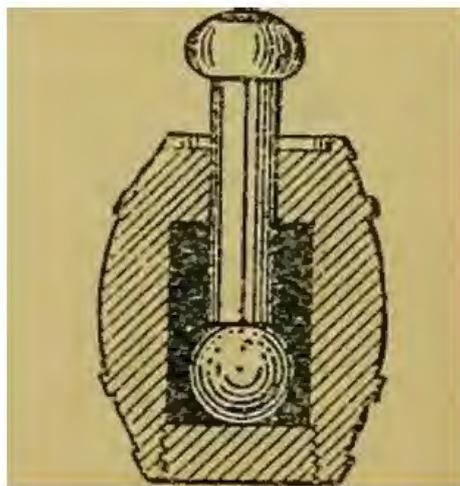


圖 2-5

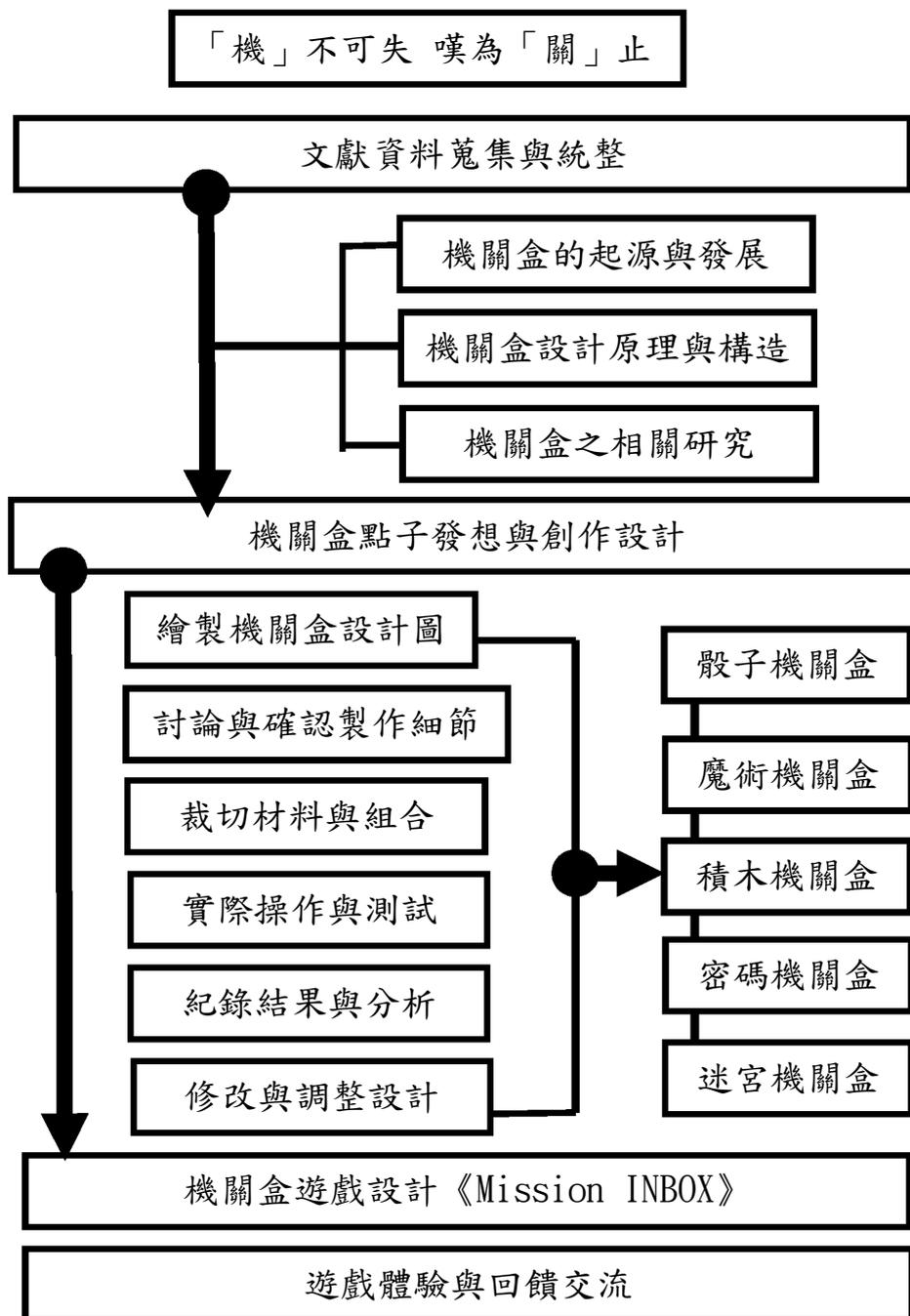


圖 2-6

雷彼得多年致力於中國傳統益智遊戲與器物的收藏和研究，探討各種傳統益智遊戲的歷史發展與起源、中西方相互交流影響以及世界各地機械益智遊戲分佈狀況，並且以是否具備實用功能來分類，第一類為單純為了娛樂和益智挑戰而製作的遊戲，如七巧板、九連環、魯班鎖、華容道等；第二類則為日常生活中實用且同樣具有智力挑戰的物品，例如設計巧妙且難以開啟的機關盒與機關鎖、兼具實用與裝飾用途的機關傢俱和連環戒指、以及具備實際功能之益智容器的公道杯與倒流壺等。

第三章 研究方法

一、研究架構



二、研究方法

由於機關盒歷史發展年代久遠，且跨越中西方廣大的地域，因此這些機關盒衍生出不同的構造、涵蓋各種類型的機械裝置，本研究透過文獻資料的收集與整理，深入瞭解機關盒的發展起源，並討論與分析其中所包含的機關設計原理與構造設計。在創作前先參考相關文獻資料以經典機關盒進行仿作，瞭解製

SJPS-113 學年度 第十一屆 資優班學生獨立研究成果
作機關盒的設計與安排，並從製作的過程中發現問題，進而修改創作的方式與
討論適合的製作材料，研究歷程中嘗試以不同的素材進行發想與創作，並紀錄
在創作中發現問題、解決問題與創意展現之歷程。

第四章 創作歷程與成果

一、創作歷程

(一) 骰子機關盒製作

此款機關盒沿用了傳統工藝與重力的機關原理，透過骰子上的點數作為提示，結合創新與解謎的要素，是一款經典的機關盒設計。在文獻資料蒐集時，我們蒐集到許多關於骰子機關盒的發展與設計，覺得骰子機關盒很有趣，依據一定的步驟才能解開，因此討論後決定以骰子機關盒為第一個嘗試與製作。

第一次製作：

- 製作材料：黑色保麗龍板(厚度 0.3 公分)、三秒膠、直徑 1.2 公分的木棍、黃色圓點貼紙、黑色書面紙
- 機關盒尺寸：15.5×15.5×15.5(cm)



第一次嘗試製作的骰子機關盒



骰子機關盒的內部設計



討論第一次製作成品的材料與操作



討論製作中出現的問題與解決方法

● 討論與紀錄：

骰子機關盒的設計原理以重力、滑動機構為主，這次我們選擇的材料為保麗龍板(3mm)，材料來源取得容易，其材質重量輕且具有厚度，形狀較容易固定，但由於第一次嘗試製作，在製作時也發現有些問題需要討論與解決，問題如下：

問題一：由於使用的裁切工具為美工刀，再加上盒體材質過度用力容易破損，是否有更適合的材料可以用來製作盒體？

問題二：盒體結構不穩固，可能是因這次選擇的黏合劑(三秒膠)不適用該材質的關係。

問題三：軌道寬度有誤差，再加上棍子長度不正確，導致機關互相干擾，因此棍子無法順利滑動至設定的位置。

問題四：因木棍表面較粗糙、摩擦力較大，因此在滑動時較不順。

討論以上種種問題影響機關設計，發現所選擇的材料是最大影響因素，因此我們決定調整製作材料進行第二次的嘗試與製作。

第二次製作：

●材料：瓦楞紙板(厚度 1mm)、吸管(長度 20cm、粗細直徑約 1.2cm)、黏土、熱熔膠、美工刀、剪刀

●調整：將材料改成瓦楞紙板，黏著材料改成熱熔膠，增加穩固性。木棍的部分則以填充了黏土的吸管替代，減少摩擦力的問題。

●尺寸：15.5×15.5×15.5(cm)



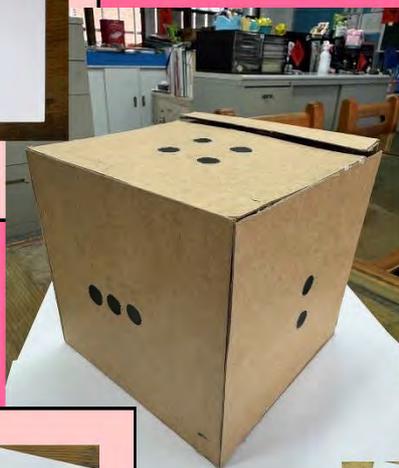
盒體材料：將保麗龍換成瓦楞紙板



將木棍換成填充了黏土的吸管替代

經過製作材料的調整後，也對照之前的問題進行實際成效的分析，其結果整理如下表。

第一次製作時的問題	(第二次製作)解決方法	實際成效
保麗龍板易破損	將保麗龍板改成有厚度的瓦楞紙板	在製作時不易破損。
黏合劑(三秒膠)不適用該材質導致結構不穩固	將材質改為瓦楞紙板，而黏著材料改為熱熔膠	盒體的結構變得較穩固。
軌道寬度有誤差導致機關互相干擾	以吸管的直徑加 0.2 公分調整軌道寬度，並在製作前確認長度。	滑動變得較為順暢，滑動的時候不易互相干擾。
木棍其摩擦力較大在滑動時較不順	改用吸管並填入黏土(增加重力)	以吸管和黏土組合成的棍子比木棍更容易切割，其長度可以隨時修正；而其重量增加後滑動速度增加，也減少摩擦力的問題。



(二)魔術機關盒創作

1. 設計想法：

在蒐集資料時發現機關盒除了用來存放珍貴物品以外，也很常用於魔術表演，這讓我們想起小時候常在文具店看到的橡皮擦魔術盒，因此我們開始腦力激盪，思考可以用哪些機關和裝置來設計，希望可以創作一個能放置自己不想被他人看見或放置珍藏物品的機關盒。

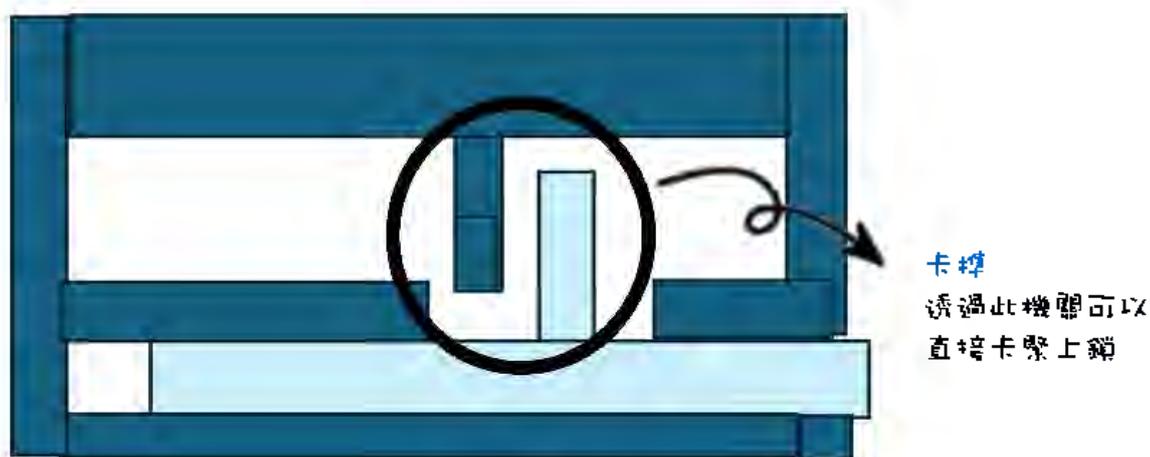
2. 設計圖

- 材料：塑膠瓦楞板、熱熔膠、直尺、美工刀
- 機關設計：卡榫、滑軌
- 尺寸：15cm(長)8cm(寬)×8cm(高)[外盒]、
12cm(長)×7.2cm(寬)×7.2cm(高)[內盒]

下圖為側面透視圖



下圖為俯瞰的透視圖







在之前製作機關盒時發現選擇適合的材料是很重要的因素，因此這次設計魔術機關盒就以塑膠瓦楞板為主要材料，選擇的原因是此材質的厚度佳也會讓盒體較為堅固，適合用於卡榫、滑軌等機關的製作。

製作完成後經過幾次的測試發現下列幾個問題，我們也針對問題進行思考與討論解決之道(如下表)，希望可以讓魔術機關盒的製作更加精緻。



製作問題	解決方法
塑膠瓦楞板材質雖然適合製作機關，但因為有紋路的關係不易切割，容易讓接合之間有縫隙。	1. 順著紋路切割，並事先繪製好切割的線條，切割時加上直尺來輔助進行。 2. 縫隙的部分加上一片擋板，而盒子內部的縫隙則以熱熔膠填補，外部再包上一層紙張作為遮擋。
沒有估算好軌道的尺寸，導致滑軌不易拉動。	再度將盒子切割，重新製作滑軌。
從盒子外部即可發現機關，機關設計太過明顯。	製作把手以輔助開啟，用紙張做同一個色系的包裝。
白色的塑膠瓦板材質容易留下髒汗。	在盒體外面包一層紙張。 (但由於一開始製作時未留下彈性空間，導致包了紙張的盒體太過緊密)



(三)積木機關盒設計

1. 設計想法：

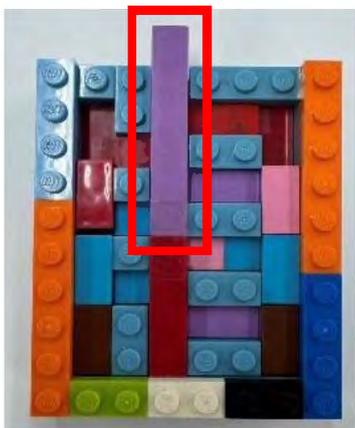
考量之前製作機關盒時所遇到的摩擦力問題，我們思考材料是否可以替換為方便取得又可以減少摩擦力的材料，在閱讀網路資料與討論後，我們嘗試以「積木」為製作材料來設計機關盒。

這次的設計想法是希望透過轉動盒子的方式滑動盒體的零件，並且使用滑軌的裝置拉出盒子便可解開機關盒。

2. 設計圖：

- 材料：積木
- 機關：滑軌
- 尺寸：8cm(長)×6.4cm(寬)×7.7cm(高)
- 討論與紀錄：

因為第一次設計積木機關盒儲物空間較小，所以我們決定在盒體上方再增加一個盒子(空間)，並將其與可拉動的零件組合在一起，這樣當使用者將零件拉出來時，便能將上面的盒子一併打開；此外，每個積木零件增加為二層，在機關運作時滑動會比較順暢。



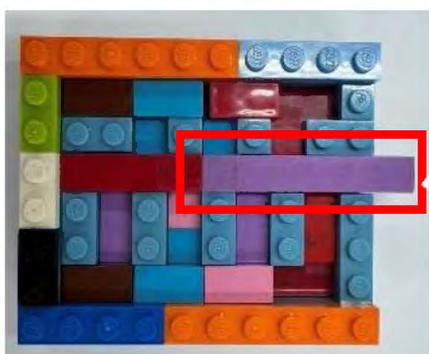
▲第一次設計的內部機關



▲第二次設計的內部機關



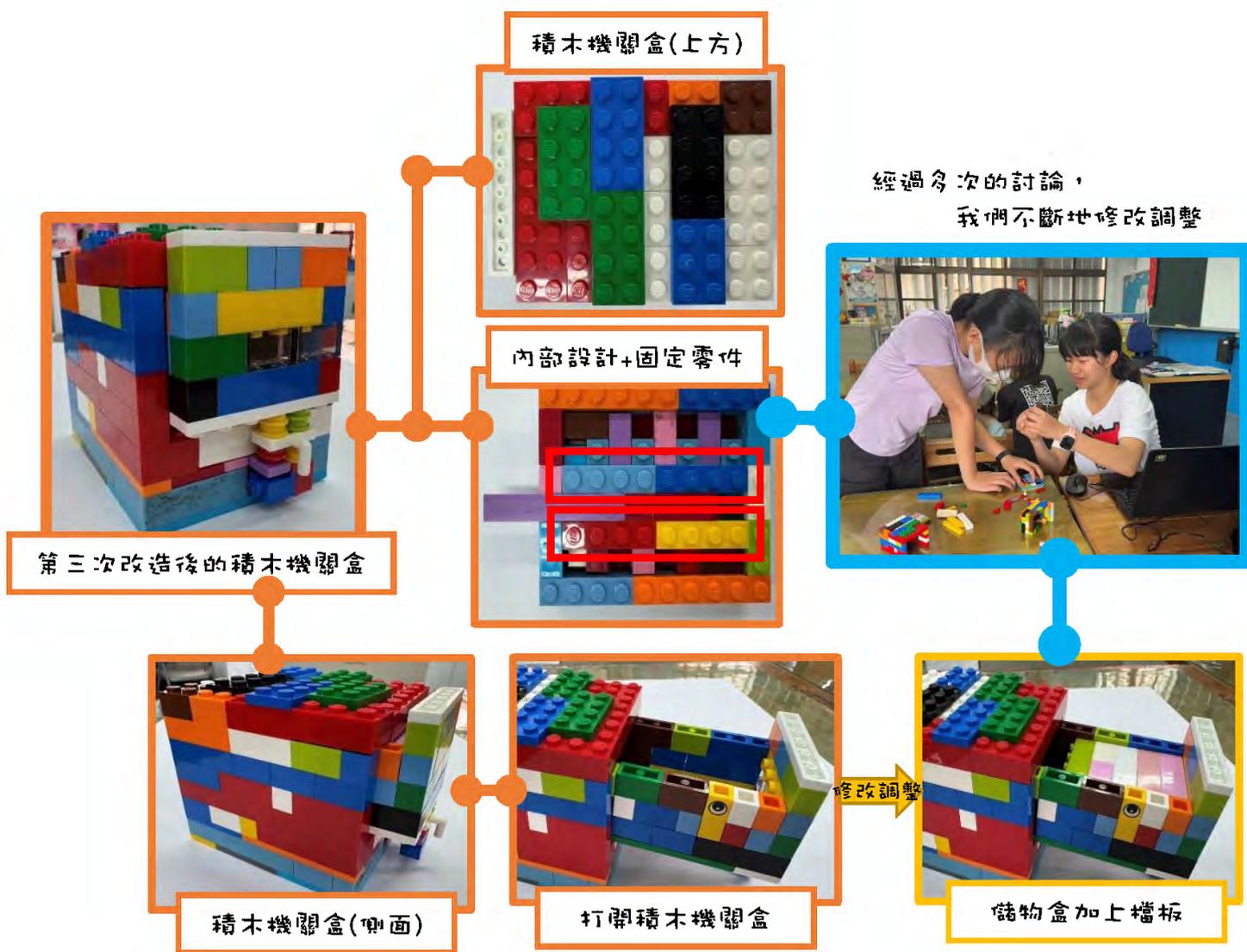
▲滑動的機關零件



可拉動的零件
當使用者將零件拉出來時，
便能將上面的盒子一併打開

我們發現前兩次設計的積木機關盒在翻轉時都會有內部零件移位的問題，因此經過多次的調整與修改，我們將盒體內部增加了四個零件(如下圖紅色標示處)做為固定的功能，讓機關盒在開啟時變得較為順暢。

此外，積木拼接時會有空隙的狀況，為了讓積木機關盒可以更緊密，也讓使用者可以體驗到此機關盒的隱密性，我們加裝了擋板的設計，讓積木機關盒可以更符合起初的設計目的。





積木
機關盒
升級版



為了增加更多的機關設計與連結，且希望增加盒體的儲物空間，因此我們再次討論與重新設計，機關的部分除了原本的滑軌以外，增加齒輪、卡榫等多種的機關裝置，積木的排列設計是最為困難的地方，因此我們一次又一次地調整，透過不同的積木排列方式，將機關隱藏於積木排列中，讓積木機關盒的操作變得更有挑戰性。

(四)密碼機關盒設計



密碼機關盒設計圖

- 製作材料：
瓦楞紙版、熱熔膠、直尺
- 機關設計：
卡榫、滑軌、滑塊



將瓦楞紙版依設計圖尺寸來裁切機關零件



已完成裁切後的機關零件們



機關盒外部製作與調整

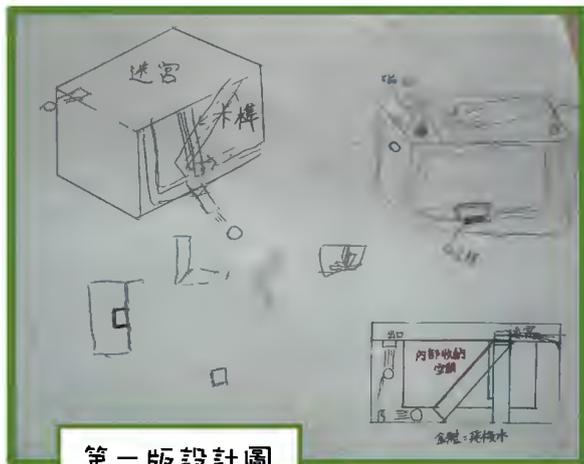


善用各種工具測量減少誤差

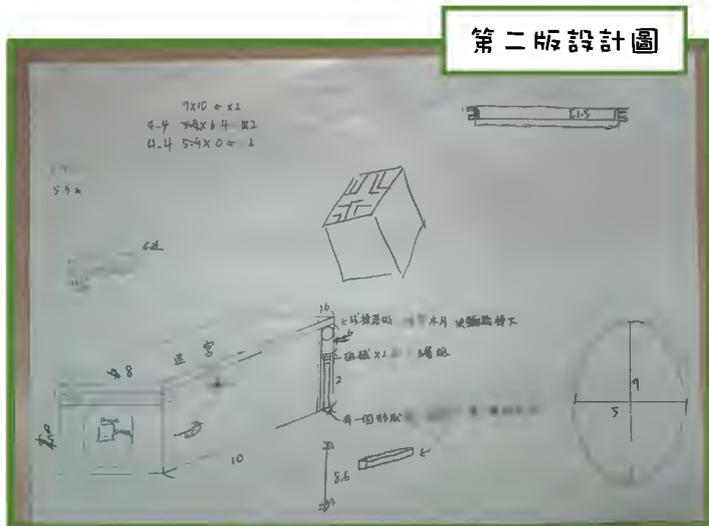


機關盒內部設計與調整

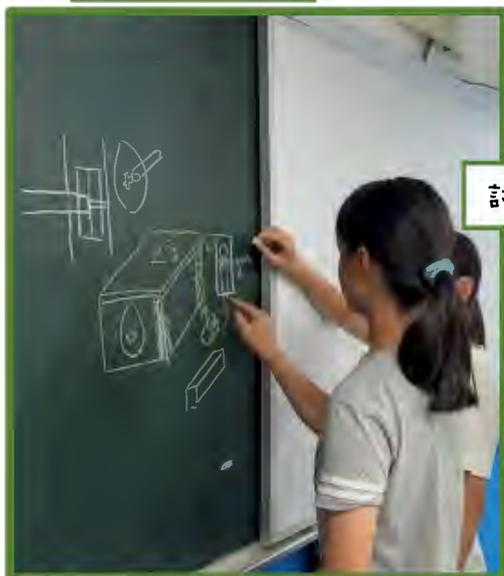
(五) 迷宮機關盒



第一版設計圖



第二版設計圖



討論設計與製作機關零件



- 製作材料：
飛機木(厚度 3mm)、
木棒(1*1cm)、美工刀、
白膠
- 機關設計：
磁力結構、滑軌、重力

迷宮機關盒(俯瞰圖)



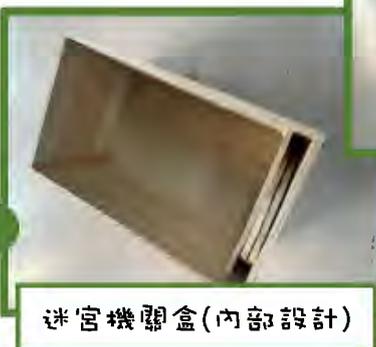
迷宮機關盒完成囉!



迷宮機關盒(側面圖)



迷宮機關盒(內部設計)



第五章 研究結論與建議

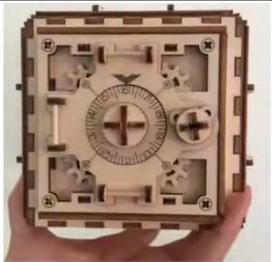
一、研究結論

(一) 機關盒子的起源與發展

機關盒子的起源追溯到西元 19 世紀末，一位名叫大川隆五郎的箱根木工名匠為了將寶石、金錢等貴重物品藏起來所構思設計，需要一定步驟和技巧才能開啟機關盒；明清時期的「多寶格」也是經典的機關盒設計，是由許多不同大小且開啟方式各異的箱匣和格子所組成。乾隆皇帝因為愛收藏古董，特地將尺寸小的各式古玩收集起來，用漂亮的漆盒搭配各種結構不同的抽屜與匣來盛裝，通稱為「百什件」。

(二) 機關盒的設計原理

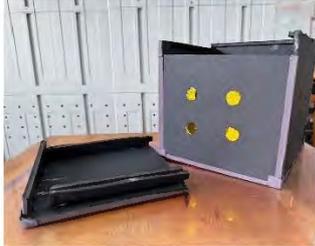
開啟方式多樣有趣、具備不同設計樣貌的機關盒，其構造設計十分多元，我們將常見用於設計中的機關整理分類，說明與介紹如下表。

機關名稱	機關圖片	解鎖方法
齒輪		透過一組或多組齒輪的咬合轉動來傳遞動力與控制動作順序。當轉動一個齒輪時，其他齒輪也旋轉，可能觸發某個隱藏結構或使機關開啟。
磁力結構		利用磁鐵的吸引或排斥力作為開關的觸發條件，做為控制機關的開啟或隱藏功能。通常搭配非金屬材質（木頭和塑膠）來隱藏磁鐵位置，使玩家無法直接觀察到它。

<p>偏心輪 與凸輪 機構</p>		<p>利用非對稱圓形（偏心輪）或特殊形狀的凸輪來改變接觸件的動作軌跡，製造「看起來簡單、實際複雜」的動作邏輯。</p>
<p>滑槽、 滑塊與 滑軌</p>		<p>利用滑槽、滑塊等構件進行線性移動，透過推、拉、旋轉等方式驅動部件滑動，觸發下一步機關。</p>

(三)機關盒的創作與設計

本研究嘗試以不同的製作材料來設計機關盒，並挑戰製作多元的機關設計與裝置，研究歷程中也不斷地思考與解決問題，設計產出多款有趣且具有挑戰的機關盒，以下為創作的機關盒作品，期望能有更多人可以一同體驗機關盒的趣味與挑戰性。

做過的機關盒			
圖片	功能	運用到的機關	優缺點
 <p>骰子機關盒</p>	<p>按照固定的順序朝上就能開啟或關閉，裡面可以裝東西</p>	<p>滑軌</p>	<p>優點：材料取得、利重量輕</p> <p>缺點：易破損、不穩固、棍子長度不正確、不易滑動、棍子會互相干擾、不易卡住</p>

 <p>骰子機關盒</p>	<p>按照固定的順序朝上就能開啟或關閉，裡面可以裝東西</p>	<p>滑軌</p>	<p>優點：底部透明可看見機關、黏土輕好滑動</p> <p>缺點：熱熔膠太厚，不易卡住，導致縫隙太大</p>
 <p>魔術盒機關盒</p>	<p>旁邊有一張紙，拉它可以帶動塑膠板，塑膠板移開後外盒與內河就可以分開，然後就可以把內和拉出了。</p>	<p>卡榫、滑軌</p>	<p>優點：外觀平滑工整</p> <p>缺點：內盒太大，很難拉動</p>
 <p>積木機關盒</p>	<p>左右滑動裡面的滑片也會跟著動然後盒子就可以打開了，因為裝東西的盒子跟中間的滑片連在一起。</p>	<p>滑槽、滑塊、導軌結構</p>	<p>優點：積木平滑好滑動</p> <p>缺點：容易被使用暴力拆解方式解開機關盒</p>

二、研究建議

- (一)機關盒的機關設計需要嚴謹的測量與製作，建議在製作時可以善用工具，並且在設計圖上標示完整的尺寸，才不會有誤差的情況，導致機關盒的製作瑕疵。
- (二)創作時會需要時間蒐集資料與構思，建議在進行研究前先安排好時間表，若能更加掌握時間就能更加完整地呈現創作的巧思。
- (三)本研究所採用的製作方式與材料多以生活中隨手可得的資源為主，若可以使用 3D 建模列印或是雷射雕刻的方式來進行製作，會讓機關設計的零件更加精密。

三、研究心得

心得(趙奕涵)

獨立研究是資優生又愛又怕的課程。一開始我原本想選擇「解剖生物」為研究主題，但考量實際面向後決定重新思考方向。當同學提出「機關盒設計」研究方式時，對於喜歡手做的我覺得非常有趣，便加入資優班的女子研究團隊。沒有任何創作經驗的我們起初感到有些困惑，在蒐集相關文獻資料後開始有些想法產出，於是我們就利用週末時間完成了第一個骰子機關盒，在創作的歷程中我們一同設計多款式具有趣味性的機關盒，真的很有成就感！雖然創作過程充滿挑戰，遇到問題時常常不知道該怎麼辦，還好有隊友們的努力合作與老師的指導下，一起討論、一起思考解決問題的方法，最終我們終於成功完成了這份獨立研究，原本我覺得做獨立研究會很困難，但隨著過程的學習與能力的累積，反而覺得越做越有趣。每次完成一個機關盒，都會有一點成就感。這次的研究成果，真的要感謝夥伴們的努力與佩蓉老師的幫助！

心得(陳君妍)

由於我在六年級時加入實踐資優班的行列，懵懂的我對於獨立研究沒有什麼想法與概念，在研究過程中我發現了這是一個需要細心和耐心研究主題。在設計機關盒子前，我們從文章、影片和書籍中找尋設計機關盒的靈感，而創作歷程中若是有一點點的小差錯，整個機關盒子的運作可能就會受到影響，例如：滑軌、卡榫等問題出現。此外，研究中也讓我深刻地體驗到團隊合作的重要性，不論是發想設計點子或是討論解決方法，我們都會分享自己的想法與建議，希望設計出來的機關盒子是成功的且有挑戰性的。在這次的研究過程中，我學習到了許多寶貴的解決問題經驗和創作技巧，也在每次上台的經驗中練習表達想法的能力，謝謝神隊友們的幫忙與鼓勵！謝謝老師的用心指導！讓我在六年級留下許多珍貴且美好的回憶！

心得(陳可昕)

在研究過程中，我們遇到了許多困難，尤其是在實際設計起步階段更是常常被困住了，在設計機關時很多構想在紙上看起來可行，但實際動手做卻發現卡住、結構不穩，甚至根本無法開啟。有時一個小小的卡榫角度不對，整個機關就失效，因此我們花了很多時間在調整尺寸、反覆測試，還因為操作不順重新製作了幾個零件。雖然研究過程真的不輕鬆，中間也碰到了不少問題，但也因為這樣，我學到了很多課本上學不到的。雖然很辛苦，但看到成品的那一刻，真的覺得一切都值得了！這次的經驗讓我更有耐心去面對困難，也更體會到分工合作的重要性，還記得在四月份的時因為研究進度的關係有一點手忙腳亂，還好研究夥伴們一起分工討論、解決問題，真的很感謝我的研究夥伴們和指導老師，在我遇到困難時幫助我、教導我，使我們能夠順利完成這個獨立研究，讓我收穫良多。

心得(唐翊甯)

在我還沒升上六年級以前，看著資優班的學長姐在台上從容不迫地發表著獨立研究，讓我的心中充滿欽佩與景仰，直到真正開始做獨立研究後，才了解到，原來在美好的成果產出前，是漫長而辛苦的研究歷程。印象最深刻的是在這次的研究中設計第五個機關盒時因研究時間緊迫考慮過是否要暫停，但討論後我和夥伴們決定抱持著堅持不懈的精神，終於完成了研究。十分感謝我的研

究夥伴和細心指導我們的老師。在當初決定研究主題時，對於這研究主題的可行性其實有些懷疑，在創作機關盒的設計過程中也遇到許多困難，像是材料難以切割、機關因摩擦力過大而無法拉動、文獻數量不足或是找不到機關無法啟動等問題，有時也因為分工不明確而導致研究效率不高，但在指導老師的提醒下與大家一次又一次的討論後，我們真的克服了這些難關了。我想這些在做獨立研究過程中所學到的知識和珍貴經驗，將成為我在國小六年學習中最美好的回憶。

參考資料

《書籍》

- 劉惠琴、陳海濤 (2023)。中國四大傳統益智玩具。科學普及出版社。
- 蕭國鴻 (2022)。探索機巧-中國傳統機關鎖。山東教育出版社。

《期刊》

- 侯怡利(2019)。談國立故宮博物院之百什件收藏-以乾隆八年(1743)重裝百什件為例。故宮學術季刊，36，45-114。
- 蕭國鴻、林建良(2024)。機關盒科學教案教具之設計與推廣。國家科學及技術委員會補助專題研究計畫。

《網路資料》

- 賽先生科學工廠-日本寄木細工機關盒
<https://www.google.com/search?q=B2&aqs=chrome..69i57j0i512i54615.977j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active&ssui=on>
- 你能夠打開嗎？用冰棒棍製作機關盒！
<https://www.youtube.com/watch?v=CvKk-4tIjZc&t=6s>
- Laser cut puzzle boxes | 雷射切割機關盒
<https://www.youtube.com/watch?v=3C6ApYmRIfc>
- 國立故宮博物院-多寶格的收、納、藏
<https://www.npm.gov.tw/Exhibition-Content.aspx?sno=04012920&l=1&type=&cat=>
- 樂天市場-秘密機關木盒
<https://masa.shop.rakuten.tw/gold/5-6/3374.htm>
- 邊收納邊解謎，十字機關盒原來可以這樣玩
<https://makerpro.cc/2021/06/puzzle-box/>
- 樂高史上最難平衡機關盒！
<https://www.youtube.com/watch?v=xOHRhUHV6bg>
- 積木機關盒
https://www.youtube.com/playlist?list=PLMyIWbFDdzkCtGG19kdA_QUTqzP-

[e0REU](#)

●教育百科 教育部線上字典

<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E6%A6%AB&search=>

●《皇帝的多寶格—國立故宮博物院》

<https://south.npm.gov.tw/ExhibitionsDetailC003110.aspx?Cond=0807dff4-cf87-4ad7-89b4-681292600119&app>