

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

佳作

030818

絕不「廁」退

學校名稱：臺北縣立五股國民中學

作者：  國二 張維欣  國二 許雅媛	指導老師：  賴勝彥  殷堂欽
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：輔具、肢體障礙、捲筒衛生紙

## 摘要

雖然現今科技一日千里，但是仍有需要改善的地方。例如捲筒衛生紙，別以為是一條長長的紙捲在一個其貌不揚的紙筒上就很方便使用。當需要扯斷廁紙時，人們必然用雙手才能做到。所以對於手部肢障的人來說，這個動作便變得困難了。因此，我們因應日常使用雙手扯斷廁紙的原理，運用手邊所能獲得的資源，從各項實驗活動的進行中，製作出一個能協助手部肢體障礙人士使用的自動給紙器。將生活中常見的現象做科學化的實驗和解釋，讓師生們不但可以得到解決問題的能力，更能將團隊合作的精神發揮到極致。本次的研究活動為發現日常生活周遭問題、找出解決方法。希望能藉由探究的活動，嫻熟科學探討的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能，進而結合科技來解決生活中的問題。

## 壹、研究動機

八年級學生在這次的隔宿旅行中，發現不論是觀光景點或是飯店的廁所中，都是提供捲筒式的衛生紙。同行的一位同學因為手部骨折包覆石膏，在使用時產生了極大的困擾，均需同學的協助。這讓我們聯想到手部肢體障礙的人是否也有相同的困擾。目前捷運及飯店的無障礙廁所雖然都提供了相關的輔具，但是卻獨缺衛生紙機。這便讓我們興起了一個幫助肢體障礙人士的念頭，希望可以製作一部解決如廁問題的機器，讓手部肢體障礙的人可以在無障礙廁所中更無障礙地使用衛生紙。

## 貳、研究目的

- (一) 透過實驗去發現問題，並收集、整理相關資料及能做有系統的陳述。
- (二) 討論何種衛生紙較適合肢體障礙人士使用，且可以容易地裝置於機器上。
- (三) 自行設計符合我們需求功能的自動給紙機。
- (四) 探討與設計捲紙結構，用以協助肢障人士折疊衛生紙。
- (五) 探討何種動力適合作為給紙機的使用。
- (六) 運用樂高9797的相關零組件，製作自動給紙機。
- (七) 探討如何將捲筒衛生紙傳送至捲紙器。
- (八) 探討最適合的裁紙方式。
- (九) 研究與改進送紙設定，完成自動給紙器的軟體控制。
- (十) 探討如何推廣自動給紙器的應用。

## 參、研究設備及器材

研究設備：電腦、數位相機

使用器材：LEGO NXT 零組件、捲筒衛生紙、平版衛生紙、抽取式衛生紙、鐵絲、美工刀片、剪刀、橡皮筋

## 肆、研究過程或方法

- 一、討論何種衛生紙較適合肢體障礙人士使用，且可以容易地裝置於機器上。
  - (一) 蒐集各種不同種類的衛生紙。
  - (二) 分析不同衛生紙的供紙方式，找出最適合作為自動給紙機的紙張來源。
- 二、設計符合我們功能需求的自動給紙機
  - (一) 蒐集市面上自動給紙機的資訊，分析其優缺點。
  - (二) 分組並討論自動給紙機需要哪些功能。
  - (三) 設計自動給紙機的外型、結構及功能。
- 三、探討與設計捲紙的方式，用以協助肢障人士折疊衛生紙。
  - (一) 依據手折衛生紙的方式，並分組討論。
  - (二) 選出最適合的設計圖稿，做為設計的藍圖。
- 四、研究衛生紙的每次平均用量，以作為衛生紙出紙量的依據。
  - (一) 製作問卷訪查八年級學生。
  - (二) 蒐集、統計相關數據，作為自動給紙機出紙的數量。
- 五、研究與討論自動出紙機的各种功能。
  - (一) 配合問卷，向其他同學蒐集相關的意見與建議。
  - (二) 討論自動給紙機的功能，並找出適合製作的方法。
- 六、探討各種不同動力的比較
  - (一) 蒐集不同的馬達。
  - (二) 比較不同馬達的性能，並選出最適合搭配製作的控制材料。
- 七、研究捲紙器的形狀與捲紙方式。
  - (一) 製作不同的捲紙器造型並試捲衛生紙。
  - (二) 探討各種捲紙器的功能。
- 八、探討送紙工具的使用
  - (一) 蒐集具有送紙功能的機器。
  - (二) 製作送紙機構，以利將捲桶衛生紙送至捲紙器。
- 九、探討裁切工具裝置
  - (一) 蒐集各種裁切工具
  - (二) 比較裁切工具的安置與方便性
  - (三) 找出最適合的裁切方式。
- 十、探討選擇紙量的感應器種類
  - (一) 蒐集樂高 9797 套件組的感應器。
  - (二) 依其方便性找出最適合做為選擇紙量的感應器。
- 十一、衛生紙用畢時，提醒更換的裝置
  - (一) 討論如何判斷衛生紙已用完。
  - (二) 討論當衛生紙用完後，應如何提醒使用者。
  - (三) 設計提示音與安裝感應裝置。
- 十二、製作控制裝置與測試。
  - (一) 使用 LEGO NXT 作為控制主機，並利用 NXT 1.0 軟體撰寫控制程式。

(二) 反覆測試，找出最適合的控制方法。

十三、測試與調整。

## 伍、研究結果

一、討論何種衛生紙較適合肢體障礙人士使用，且可以容易地裝置於機器上。

(一) 實地訪查校園周遭量販店，並蒐集各種不同種類的衛生紙。

- 1 比較衛生紙的種類
- 2 研究不同種類衛生紙的用途
- 3 蒐集不同種類的衛生紙，並分析優缺點

(二) 分析不同衛生紙的供紙方式，並找出最適合作為自動給紙機的紙張來源。

- 1 討論不同衛生紙的特性
- 2 討論衛生紙的使用方法
- 3 找尋最適合作連續供紙的種類

(三) 各種衛生紙的比較

項次	比較與分析	種類		
		平版衛生紙	抽取式衛生紙	捲筒衛生紙
1	每次使用的面積	適中（一張）	大（兩張）	最小
2	每次使用的單價	中	高	低
3	連續供紙情形	不適合	可	可
4	厚度	適中	厚	薄
5	每包容量	約 200 張	約 130 抽	約 270 張

(四) 研究結果

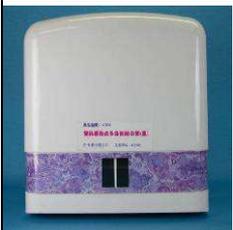
目前量販店中種類繁多，所以我們挑選同一品牌（春風）的不同種類衛生紙來分析，相同的紙漿、成分，所做出來的比較應該更為接近。

根據上述的相關資料，我們選擇捲筒式的衛生紙適合作為自動給紙機連續供紙的耗材。因為平版衛生紙的包裝方式為一張張分開，並不適合作為連續供紙使用。而抽取式衛生紙雖然交叉重疊擺放，但平均一包僅有 130 抽，需頻頻換紙，且單價及單一次用量較高，不適合公共場所使用。

二、設計符合我們功能需求的自動給紙機

(一) 蒐集市面上給紙機的資訊，並分析其功能。

1. 訪查公共場提供的給紙機種類、使用的方便性。

類型				
	擦手紙的給紙機	擦手紙給紙機	捲筒衛生紙機	捲筒衛生紙機
功能	手動抽紙	手動抽紙	手動抽紙	手動抽紙
紙類	抽取式衛生紙	抽取式衛生紙	捲統式衛生紙 (小)	捲統式衛生紙 (小)

2.根據蒐集的衛生紙機種類後發現，台灣似乎找不到電動的衛生紙機，而衛生紙的供紙方面，多採抽取式衛生紙或捲筒式的衛生紙。餐廳等多人使用的廁所則有提供較大捲的捲統式衛生紙，減少更換的次數。目前台灣連捷運的無障礙廁所都沒有提供電動的給紙機。

(二) 分組並討論自動給紙機需要哪些功能。

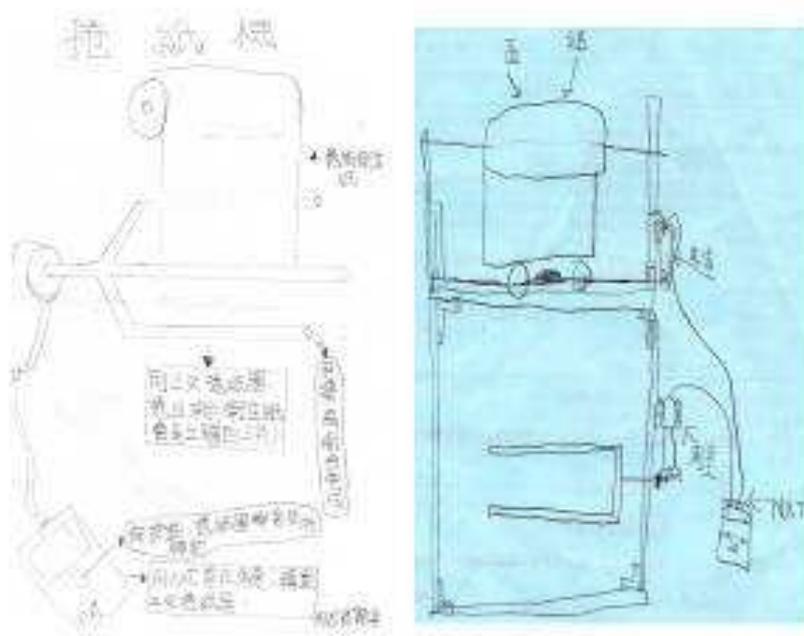
我們的設計是給手部肢障的人士使用，所以須有下列幾項功能：

- 1.盡可能方便單手或是缺指的人士使用；
- 2.可以協助肢障人士折疊所需的衛生紙；
- 3.可以自動將衛生紙撕下。

三、探討與設計捲紙的方式，用以協助肢障人士折疊衛生紙。

(一) 依據手折衛生紙的方式，並分組討論、分享。

(二) 選出最適合的設計圖稿，做為設計的藍圖。



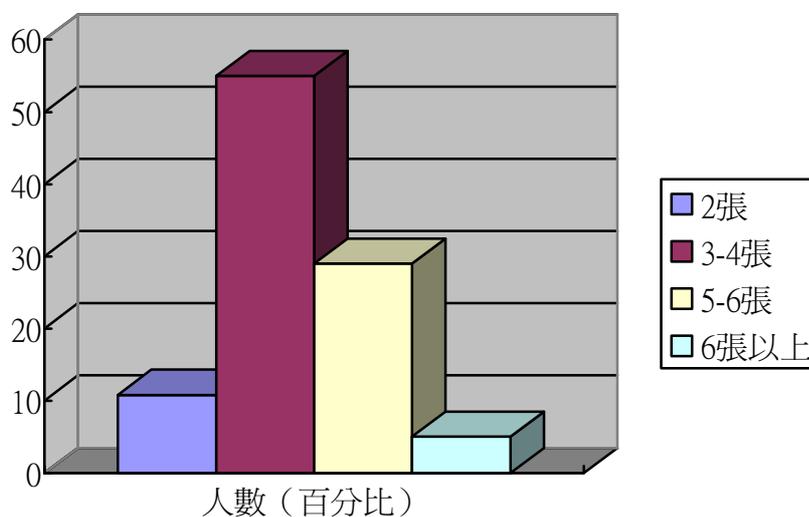
設計圖稿

四、研究衛生紙的每次平均用量，以作為衛生紙出紙量的依據。

- (一) 製作問卷，並訪查八年級學生。
- (二) 蒐集並統計相關數據，作為出紙的數量。

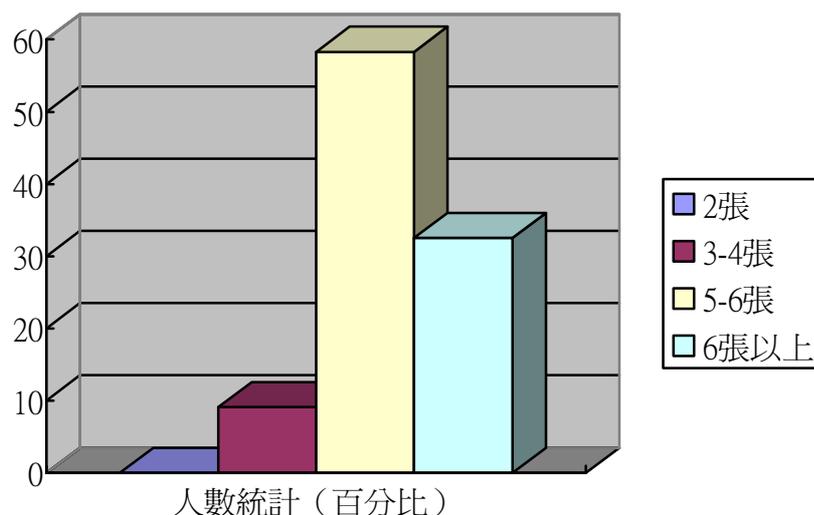
1. 上小號的使用量

	衛生紙使用張數（每次）			
張數	2 張	3-4 張	5-6 張	6 張以上
統計人數	13	66	35	6
總問卷數	120	120	120	120
百分比	10.8%	55%	29%	5%



2. 上大號的使用量

	衛生紙使用張數（每次）			
張數	2 張	3-4 張	5-6 張	6 張以上
統計人數	0	11	70	39
總問卷數	120	120	120	120
百分比	0%	9.1%	58.3%	32.5%



### (三) 研究結果

根據問卷回收的結果統計後發現，衛生紙的出紙量必須依需求有兩種以上的選擇。否則不論是出紙過多或過少，都可能造成使用者的困擾。所以我們根據統計結果將衛生紙的出紙量分為多和少兩種。

在上小號的部分，統計受訪同學的比例，55%以上認為每次出紙量至少需四張；而上大號時，統計受訪同學的比例，58.3%以上認為每次出紙量至少需六張。

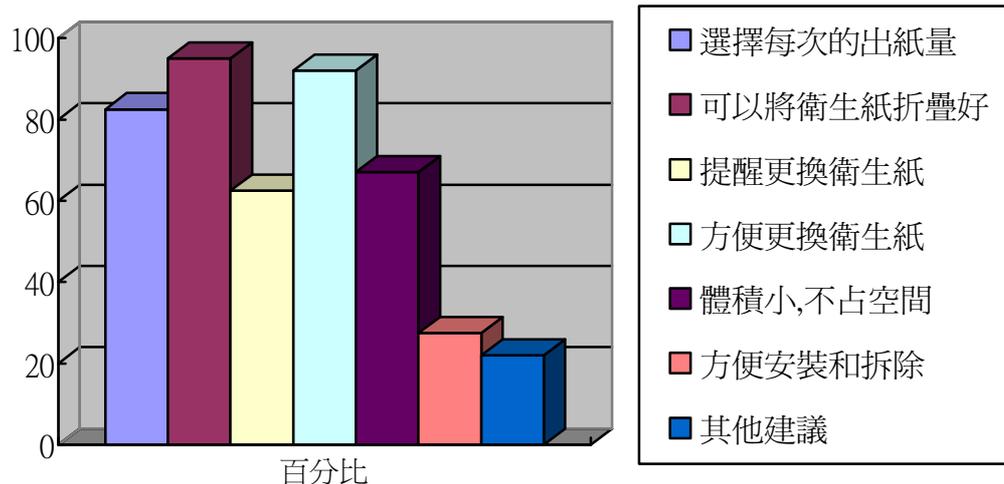
為了避免過度的浪費以及設計上的方便，我們暫且將自動給紙機預設為感應器一可出紙四張以上，而感應器二可出紙六張以上。

## 五、研究與討論自動給紙機各種功能。

(一) 設計問卷並訪問同學，將他們認為重要的功能作統計。

統計表如下：

項次	功能需求	總計/總數	百分比
1	可以選擇每次的出紙量	99/120	82.5%
2	可以將衛生紙折疊好，以方便使用	114/120	95%
3	提醒更換衛生紙捲 (用完時)	75/120	62.5%
4	方便更換衛生紙捲筒	110/120	92%
5	體積小，不佔空間	80/120	67%
6	方便安裝和拆除	33/120	27.5%
7	其他建議	26/120	22%



(二) 討論自動給紙機的功能與功用，並找出適合製作的方法。

(三) 研究結果：

統計 120 份的問卷調查後發現，多數的同學認為「可將衛生紙折疊好」、「可選擇每次的出紙量」以及「方便更換衛生紙捲筒」是很重要的。這三項也是我們一定要設計出來的功能。至於其他建議，有的也值得做為我們的參考，一併放入我們的設計中。

#### 六、探討各種不同動力的比較

(一) 由於捲動衛生紙需要有動力，所以我們蒐集不同的馬達，討論其中的優缺點。

(二) 比較不同馬達的性能，選出最適合搭配製作的控制材料。

項次	動力名稱	使用電源	優點	缺點
1	 遙控車強力馬達	直流電 (乾電池)	扭力夠大，電力來源易取得	單價高，如需控制其轉動、停止，需加電路板控制。
2	 玩具風扇馬達	直流電 (乾電池)	常見、易取得，且容易購買	其他配件需另行組裝連接不易固定，需設計電路版控制

3	 樂高機械馬達	直流電 (乾電池)	具有專用電池盒， 搭配按鈕可直接連 結，重量較輕、易 安裝。	扭力較小，不易捲 動、拉動衛生紙， 需齒輪組加大扭 力。
4	 樂高伺服馬達	直流電 (乾電池)	可與控制主機可直 接連結，扭力較 大，不經齒輪組即 可驅動捲紙器。	重量較重；經過齒 輪組後馬力較小。

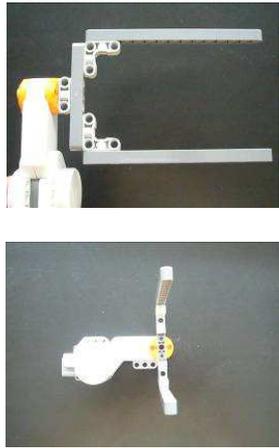
(三) 研究結果：

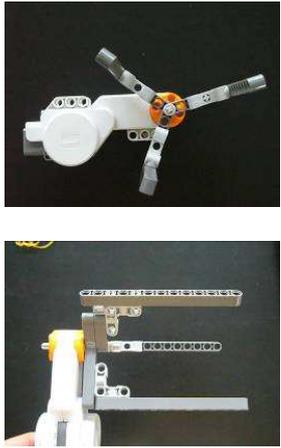
經過機器人社團的同學解說，我們認為利用樂高的組件可以省去電子控制的問題，也不必另外製作電路板控制。尤其是比較過各種馬達的扭轉力量，我們發現樂高伺服馬達的扭力很強，很適合作為我們的捲紙器的馬達。

經過實地使用後發現，樂高的機器人套件中，許多的感應器可以作為不同功能的使用，加上有一位機器人社團的同學加入我們的團隊，讓我們不再對電子控制的部分傷腦筋了！所以我們選擇利用 lego nxt 系列的可程式積木、感應器及零組件作為自動給紙機的主體以及控制開關。

七、研究捲紙器的形狀與捲紙方式。

(一) 製作不同的捲紙器造型並分別試捲衛生紙。

捲紙器的類型	優點	缺點	捲紙成功率
雙叉型 	1. 體積小結構簡單； 2. 僅需兩根手指頭即可取下衛生紙	1. 開始捲動時，紙張容易滑走，需加上防滑材質。 2. 需讓較多的衛生紙進入捲紙器，方能順利轉動。	80%

<p>三叉型</p>		<p>1.較雙叉型捲紙器更能穩定捲紙。</p>	<p>1.開始捲動時，紙張容易滑走，需加上防滑材質 2.捲紙後，抽取不易 3.折疊後的衛生紙面積約為雙叉型的 1.5 倍</p>	<p>90%</p>
<p>四叉型</p>		<p>1.捲紙動作穩定。 2.紙張不易滑動。</p>	<p>1.捲紙後，面積過大，形成浪費。 2.折疊後的衛生紙面積約為雙叉型的 2 倍。</p>	<p>90%</p>

(二) 研究結果：

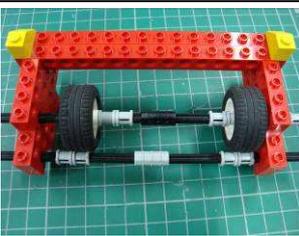
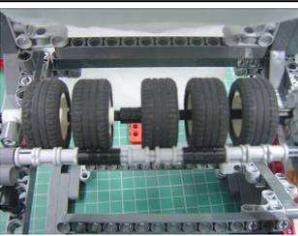
雖然雙叉型的捲紙器的捲紙成功率較低，但只要先讓約 10 公分長的衛生紙進入捲紙器，即可順利捲動衛生紙，而不會產生空轉的情況。且肢障人士僅需用兩根手指頭即可取下折疊好的衛生紙，遠較三叉或四叉型的來的方便。所以我們決定使用雙叉型的捲紙器。

八、探討送紙工具的組合搭配

(一) 觀察日常生活中具有送紙功能的機器。

我們讓捲筒衛生紙經由捲紙器折疊，發現成功率不高，時常發生空轉情形，如此便無法完成捲紙的動作。經討論後，觀察生活周遭的機器，發現影印機、印表機在開始列印前都會將紙張向前傳送至固定位置。所以我們決定仿造印表機的方式，外加一個送紙的裝置，讓送紙器可以將衛生紙送下來。

(二) 製作送紙機構，以利將衛生紙送至捲紙器。

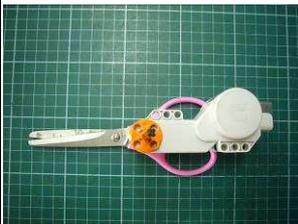
樣式	送紙結構一	送紙結構二	送紙結構三
圖示			
說明	利用相鄰齒輪產生相反方向的轉動，可以將衛生紙向下送	利用皮帶輪產生相反方向的轉動，可以將衛生紙向下送	利用相鄰不同齒輪產生相反方向的轉動，可以將衛生紙向下送
間隙	約 0.5mm	約 0.5mm	約 0mm
優點	結構簡單，兩軸轉速一樣。	滾輪的面積較大，可穩定地將衛生紙往下送	滾輪的數量較多。接觸的面積較大，傳送衛生紙時較平均。
缺點	偶爾衛生紙會在送紙的過程中捲曲、卡住，並造成浪費。	摩擦力較大，如有送紙過程不順時，容易將薄的衛生紙捲曲、變形。	因為沒有間隙，所以第一次安裝衛生紙時較為麻煩。

(三) 研究結果

動力部分我們依然使用樂高的伺服馬達來作為送紙器的動力來源，也由於扭力較大，不需額外增加齒輪組來放大扭力。滾輪的部分採用與印表機內的裝置類似，一邊使用較大的摩擦力材質（橡膠），另一邊則使用較光滑的材質。將間隙調整在 1mm 以內（間隙太大，紙張無法利用滾輪的摩擦力拉動衛生紙捲；間隙太小，衛生紙不易通過），即可使衛生紙順利地送至捲紙器。

九、探討裁切工具裝置

(一) 蒐集各種裁切工具，並分別比較裁切工具的安置與方便性。

裁切工具	剪刀	美工刀片	裁切片（保鮮膜）
圖示			

優點	刀柄較大，容易安裝與控制。需利用伺服馬達將剪刀與衛生紙垂直切割。	美工刀片較利，所以易切割。	易取得。鋸齒狀的刀片可以增加切割成功的次數。
缺點	1. 單片剪刀較不利，不容易成功切割。 2. 動作較多、裝置較複雜	需利用伺服馬達反覆切割，動作猶如鋸子作動的方式。切割面較不美觀	保鮮膜盒上的刀片過小、過軟，不易安裝。鋸齒有可能割傷手。

(二) 研究結果：

在裁切的工具選擇上，以美工刀片最好用，但必須再設計一個安全裝置，以免刀片傷人。不過實驗的過程中，因同學不小心將送紙器卡住，導致送紙器故障無法送紙，意外發現捲紙器可以直接將衛生紙撕下。所以我們決定每次啓動時，都讓送紙器提早一秒鐘停止轉動，這樣子捲紙器即可將衛生紙扯下。這個發現，讓我們節省了一個危險的裝置。

十、探討何種感應器最適合做為選擇紙量的感應器

(一) 蒐集各種樂高 9797 套件內的感應器



超音波感應器

光源感應器

觸控感應器

(二) 比較其方便性，以作為選擇紙量的感應器。

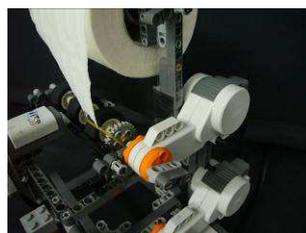
一開始我們是以觸控感應器為主，利用按鈕來選擇紙量，但在我們研究中發現，許多公共廁所的水龍頭都是用感應式的水龍頭，經了解後知道，並不是以紅外線光源感應器感應，而是以距離感應，所以我們想模仿水龍頭的設計，利用 NXT 的超音波感應器，讓我們所設計的自動給紙機更加方便及無障礙。

十一、探討衛生紙用完時的警示設計

(一) 衛生紙用完或故障時應給予警示聲，以利服務人員或使用者更換。



各種感應器的分析



製作與改進

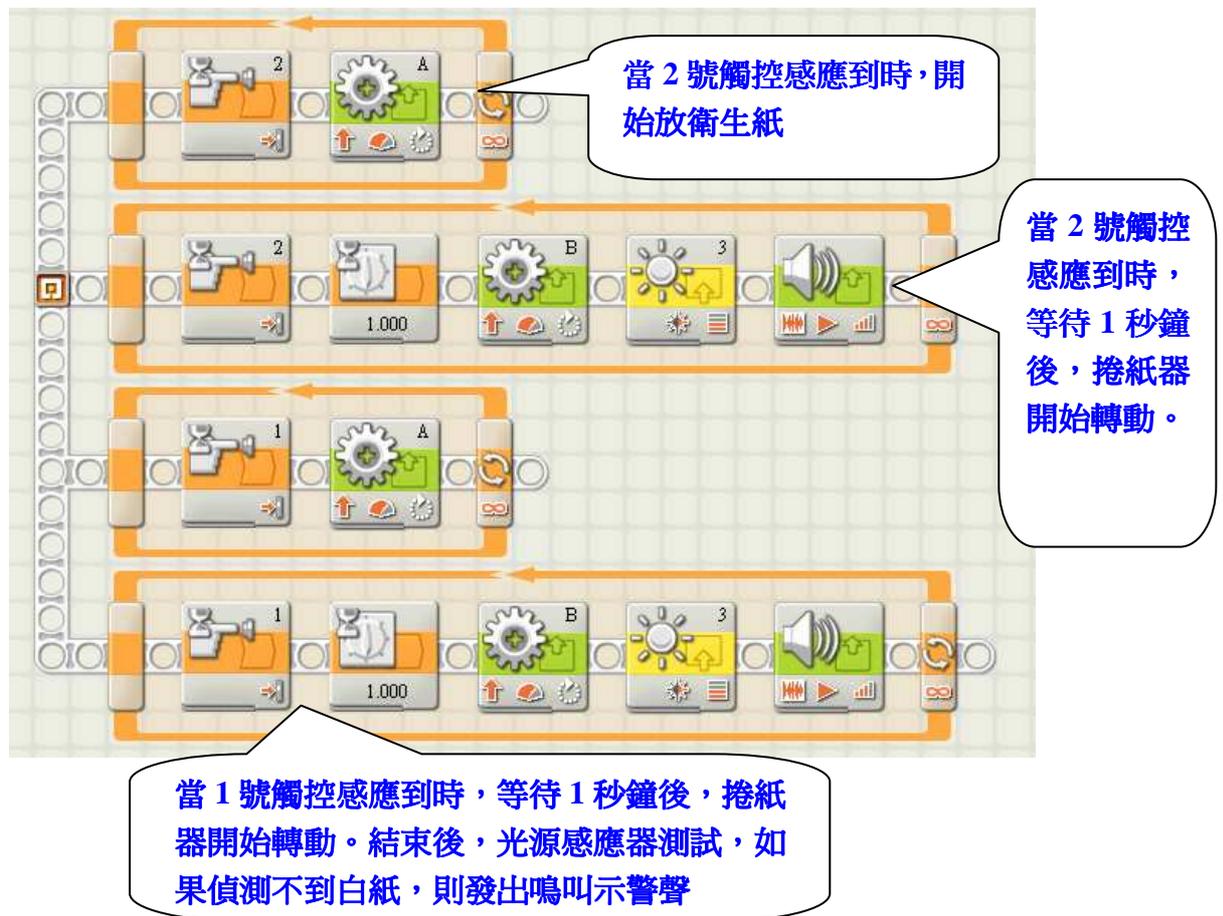
(二) 設計如何判別用完或故障時的方法。

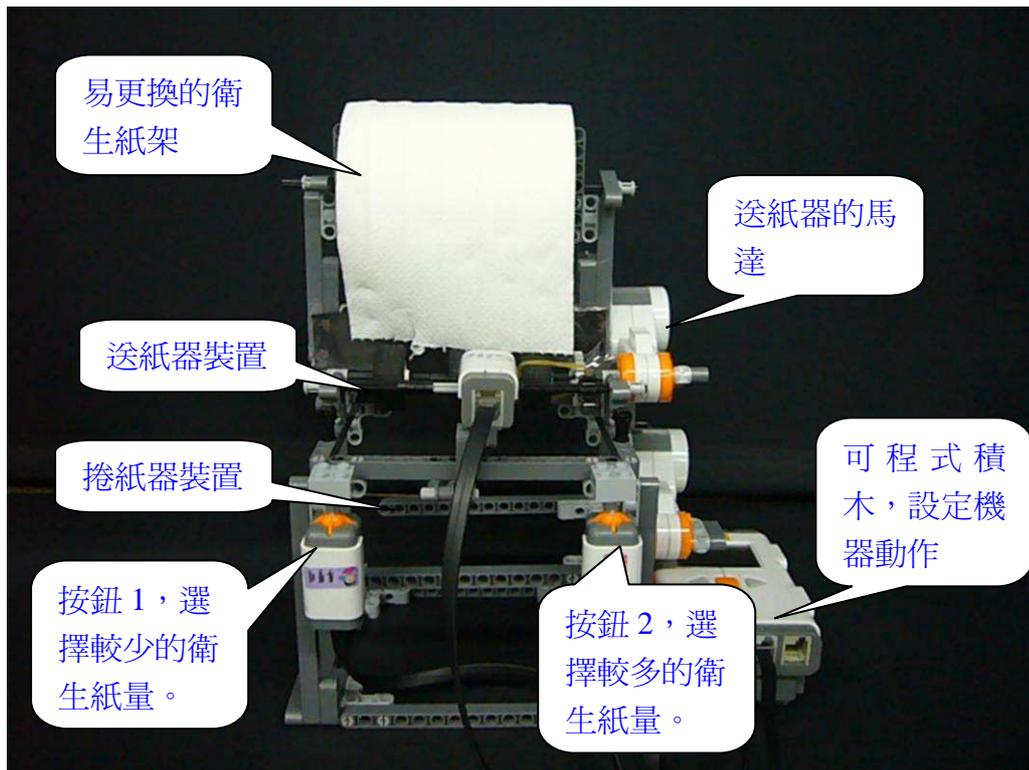
- 1.lego nxt 系列的感應器中，有聲音、超音波、光線以及碰撞感應器等，根據它們的特性，我們認為超音波與光線感應器最適合作為判別衛生紙用完的感應器。
- 2.利用光線感應器感應衛生紙（白色）與滾輪（黑色）的差別。若感應到白色時，代表衛生紙尚未用完；若偵測到黑色時，則表示衛生紙用盡或機器故障，此時主機會發出聲響，提醒使用者更換或是排除故障問題。

十二、製作控制裝置與測試。

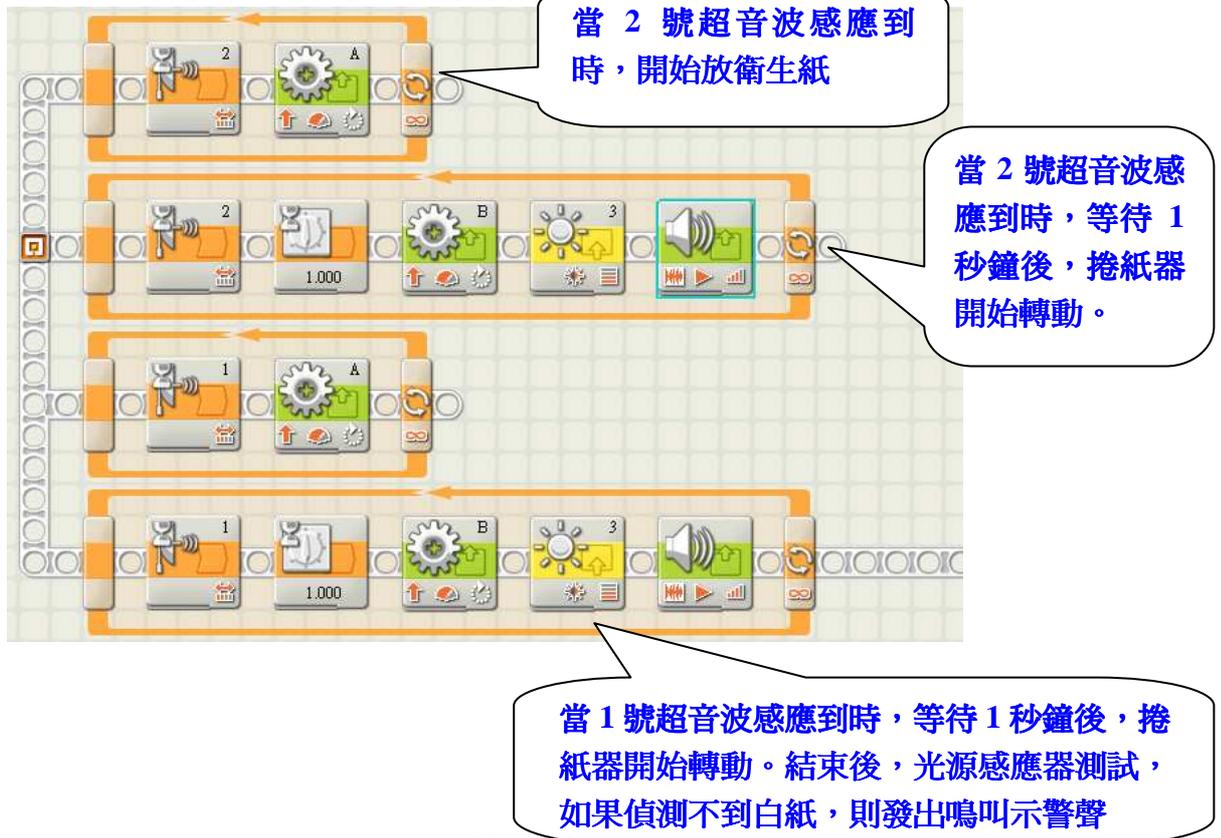
- (一) 使用 LEGO NXT 作為控制主機，並利用 NXT 1.0 軟體撰寫控制程式。
- (二) 反覆測試，找出最適合的控制方法。

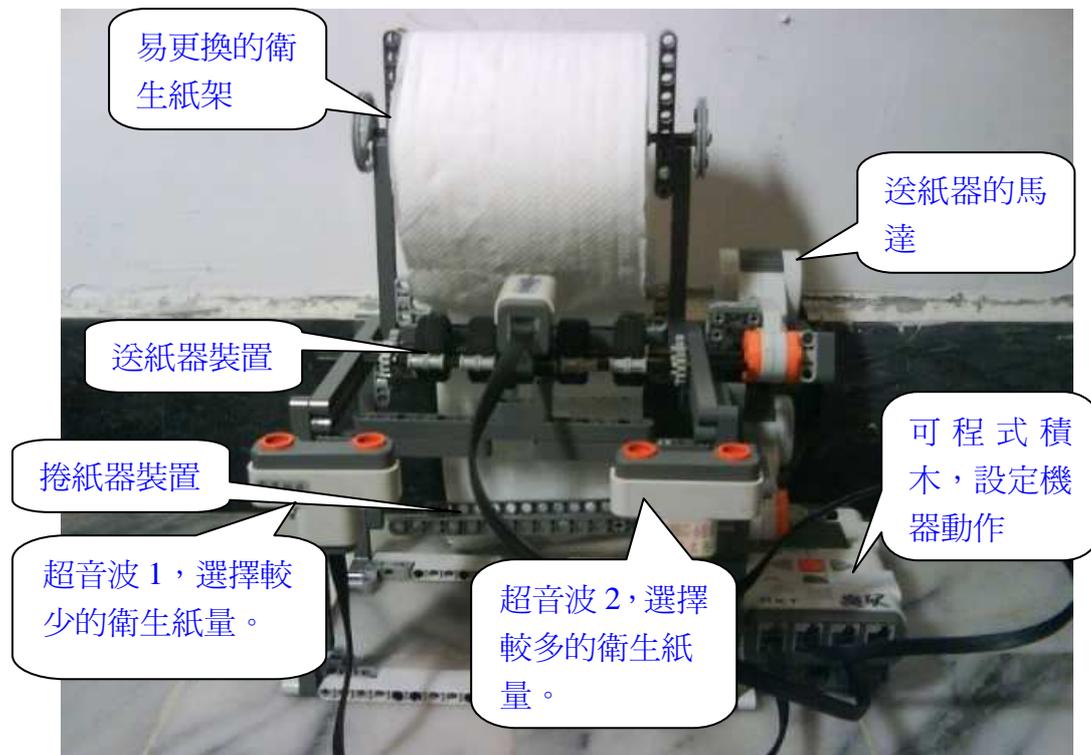
**舊版(以觸碰感應器作為選擇紙量的感應器)**





新版(以超音波作為選擇紙量的感應器)





### 十三、測試與調整。



製作完成圖

## 陸、討論

- 一、**衛生紙的選擇方面**：目前衛生紙種類繁多，所以我們挑選同一品牌的不同種類衛生紙來比較。發現捲筒衛生紙較適合作為連續供紙的材料。且較平版、抽取式衛生紙省錢。
- 二、**捲紙器的設計**：仿造用手指捲紙的方式。利用兩根手指頭捲紙即可讓衛生紙折成平面狀，也讓使用者可直接抽取而不必再折一遍。
- 三、**馬達的選擇方面**：由於需要控制這部給紙機，如果使用一般馬達，需配合電路版，這在學生的能力範圍內尚無法解決。所幸成員中，有一位是機器人社的同學，配合樂高的可程式積木，讓我們一併解決馬達的選擇和電路控制的問題。
- 四、**送紙器的設計**：一開始認為捲紙器直接可以將捲筒衛生紙拉下來，並完成捲紙的動作，但經過實際操作後發現並不順利。因為捲紙器會空轉，而衛生紙並不會往下送。因此我們觀察影印機、印表機等機器，發現這些機器都有一個共同的特徵：有一個送紙的裝置，所以我們多加了一個送紙的裝置。
- 五、**裁紙方式的選擇**：原先認為需要裁紙的裝置，但在經過反覆測試後發現並無法

每次都順利將紙切下來。但在實驗過程中，突然發現當送紙器停止運作時，捲紙器竟將紙扯斷了。這個重大的發現，省了一個危險的裝置，也減少了一個裝置的體積。

#### 六、其他功能說明：

- (一) 不同出紙量的控制：經調查後發現，衛生紙的使用量每個人都不一樣，所以我們設計了兩個按鈕，方便使用者選擇。
- (二) 方便的換紙裝置：由於肢體障礙的人士本身就比較不方便使用一些精細的器具。所以如果需要換紙時可能也會造成他們的困擾。所以我們利用開放式的架子，只要兩個動作，就可以輕鬆更換捲筒衛生紙。
- (三) 紙張用盡指示：利用光源感應器感應紙張是否已經用完。如果用完，則發出聲音提示更換新的捲筒衛生紙。
- (四) 取紙方向的設計：目前取紙的方向設定在左手邊，其實不只機器可以向左或向右放，以方便使用者取紙；捲紙器也可以更換方向，讓不順手的方向予以消除。

### 柒、結論

- 一、據學生的觀察與同儕經驗發現，大家並不曾在公共場所的廁所看到過自動給紙機，這樣子對身心障礙人士（尤其是肢體障礙或腦性麻痺的患者）而言，無障礙廁所並非真的是完全無障礙。所以提供方便的自動衛生紙給紙機應該可以增加他們使用廁所的方便。
- 二、經過一陣子與樂高積木的接觸發現，樂高積木不僅僅可以是玩具，它的可程式積木及各種感應器，幾乎可以製作出任何我們想要的機器。而我們搭配了一些些的點子，做出可以造福障礙人士的機器，或許這也是樂高公司沒想到的一件事吧！
- 三、目前的設計僅針對小型的捲筒衛生紙，尚無法普及至各種不同的衛生紙種類。且無壁掛的裝置，僅能放置於平面上，這樣會佔去殘障廁所的部分空間，是目前有待克服的難處。
- 四、雖然我們使用的是樂高的零組件，但是經過有些家長的解說，只要利用一些電路板，也可以完成馬達與控制開關的組合，達到自動控制。所以我們希望這個點子可以有廠商願意開發，利用成本較低的一般馬達和電路板，做出可以普及到各個殘障廁所的電動給紙機。

### 捌、參考資料及其他

- 一、編寫委員（民 94）。自然與生活科技 第八冊。臺北：康軒。
- 二、姚松齡、張永康、廖學明、蕭景隆、周彥光、尤力弘（民 96），ROBOT 機器人。台北市：旗林文化
- 三、校園無障礙環境規劃設計，取自台灣無障礙協會  
<http://www.tdfa.org.tw/ac/page.htm>

## **【評語】 030818**

- 1.本計畫旨在製作一個無障礙衛生間自動給紙器，並採用樂高 9797 組件完成軟硬體展示系統，團隊合作良好，作品應用明確，是個良好的教材佳作。
- 2.自動給紙器亦可採鐵片與反向制動齒輪機構以完成，更簡便可行。