

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

佳作

080803

自動滅火系統

學校名稱： 臺北市士林區蘭雅國民小學

作者： 小四 賴品豪	指導老師： 謝宛蓁
---------------	--------------

關鍵詞：自動滅火器、儲水槽、活塞泵

# 自動滅火系統

## 壹、摘要

課堂上使用酒精燈的危險，引發我的危機意識，於是，根據課堂上所學的空气可以被加壓縮，並參考了「原來如此」這本書中簡易抽水排水系統的製作及驅動往復泵的機械等裝置，製作了一套可以自動感應，並能噴灑出水柱，將火熄滅的『自動滅火系統』。希望，當災害真的發生時，這套『自動滅火系統』能派上用場。

## 貳、研究動機

上自然實驗課時，老師都會叮嚀大家實驗時應該要注意的安全，尤其在使用酒精燈時老師更是千叮萬囑，使用酒精燈時應注意的安全事項，避免發生無法彌補的傷害。所以我就突發異想，萬一真的發生危險時，我們真的需要一套可以馬上將火熄滅的系統。於是參考了公共場所，例如：百貨公司、大賣場、停車場、醫院等地方、甚至一般大樓住宅內的『自動滅火系統』，可以在建築內的樓層天花板上，發現可以滅火的灑水系統，利用手邊的器材，以及課堂上所學：空氣可以被加壓縮、燃燒的三要素、加上自己 DIY，製作一套滅火設備，來模擬出『自動滅火系統』，並且能夠更加了解『自動滅火系統』的整個過程，希望當真的有災害發生時，我設計的『自動滅火系統』能派上用場。

## 參、研究目的

- 一、對於室內發生火災時，到火被撲滅的整個過程中，觀察溫度上的變化。
- 二、『噴水』是滅火過程中的重要設備，如何藉由這次科展，製作出足以滅火的噴水設備。
- 三、既然是『自動滅火系統』，就要具備自動感測功能，如果在場所內無人的情形下，也能透過『自動滅火系統』將火給撲滅掉，避免災難的發生。

## 肆、研究設備和器材

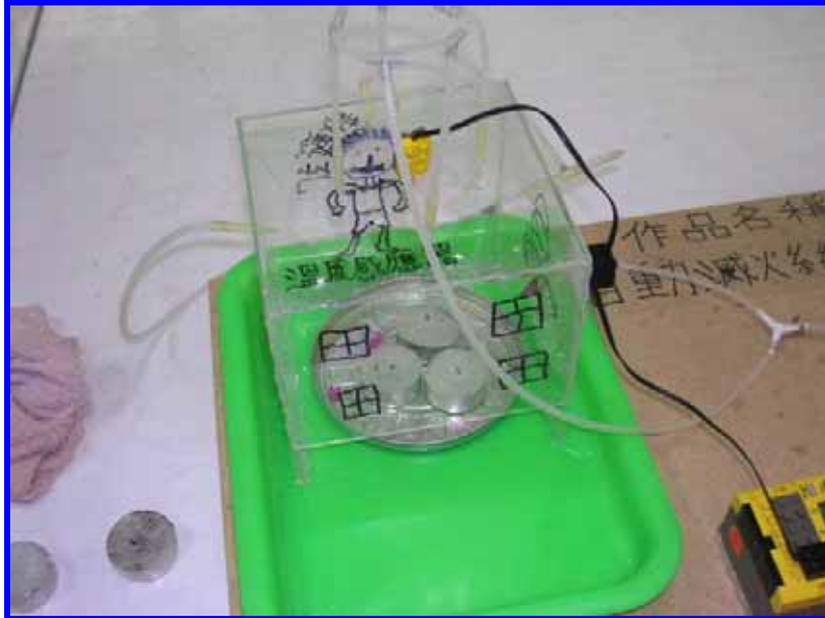
- 一、往復泵的製作〈簡易抽水排水系統〉，使用零件包括：針筒、電夾套、BB彈、螺絲、各類材質通水管線。(參考圖片一)
- 二、儲水槽的製作：寶特瓶、瓶口式吸管、管線。(參考圖片一)
- 三、驅動往復泵的機械裝置：使用零件包括：減速齒輪箱、電池盒、電線、按鈕開關、木板。(參考圖片二)
- 四、模擬室內空間：壓克力。(參考圖片三)
- 五、自動控制設備：LEGO Mind Storms Robotics Invention System 2.0〈機器人設計創造系統〉，包括：RCX〈可接受程式指令、處理並執行的設備〉、溫度感應器、馬達、小燈泡。(參考圖片四、圖片五)



圖片一 圖中右側針筒為往復泵，由針筒改造後可以進水排水的裝置，圖中左側寶特瓶為儲水槽



圖片二 驅動往復泵的減速齒輪箱



圖片三 用壓克力組合的室內空間



圖片四 樂高機器人器材

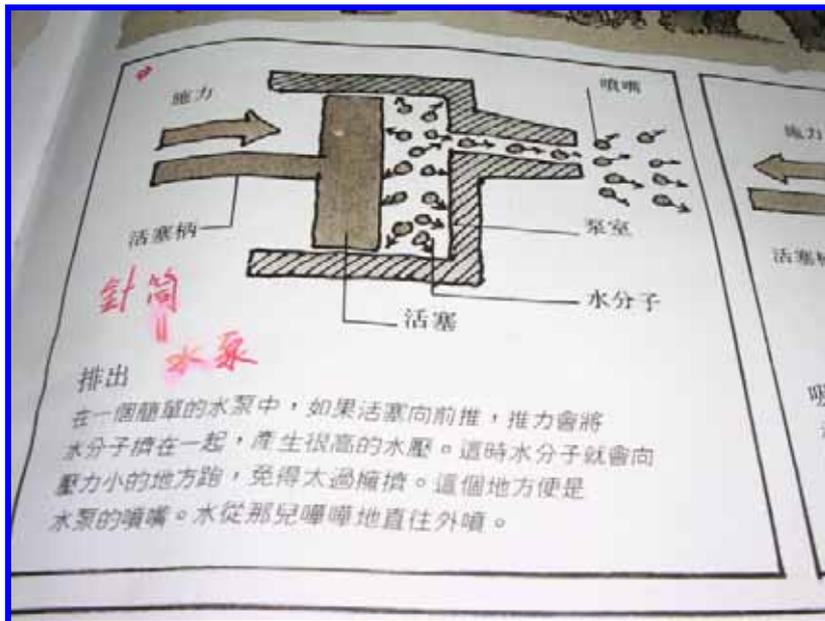


圖片五 樂高自動監控設備

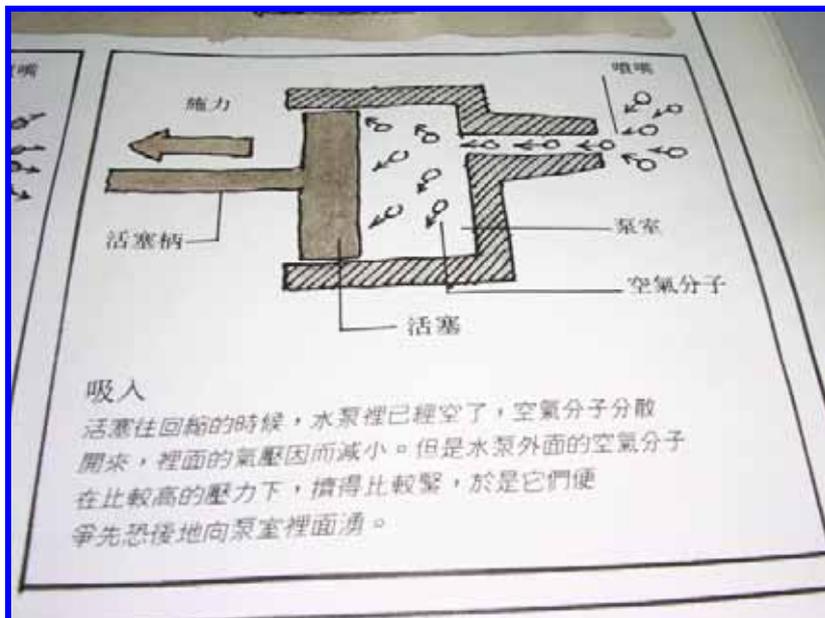
## 伍、研究過程或方法

一、第一步我先找尋噴水設備製作的方法，水槍是很普遍的玩具，所以我開始找資料，想認識水槍的原理。然後在『原來如此』一書中找到了答案。以下是我的說明。

(一)想要知道水槍的原理，我們先來認識針筒是如何噴水的，這和『壓力』有關，當我們逐漸拔開針筒中的活塞時，針筒內空間變大壓力變小，因此流體就被吸入針筒內。當我們擠壓針筒中的活塞時，針筒內空間變小壓力變大，所以流體向針筒外壓力小的地方跑，這就是針筒噴水的原理。請參考圖片五、圖片六

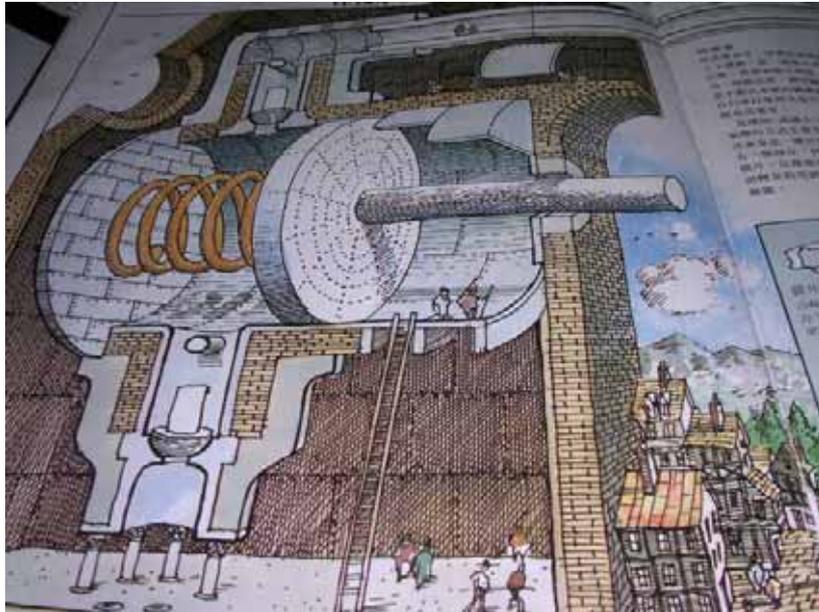


圖片六 擠壓活塞，針筒內空間變小壓力變大流體射出

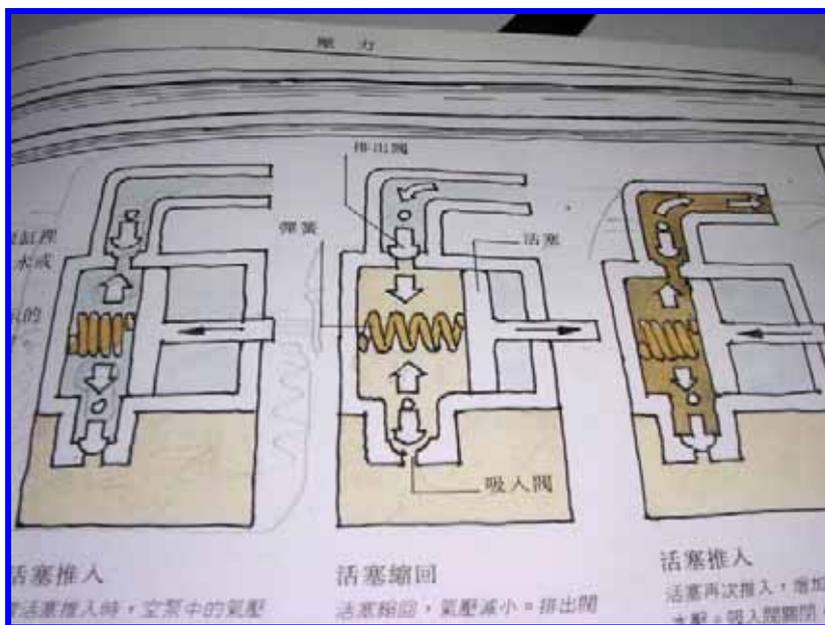


圖片六 拔開活塞，針筒內空間變大，壓力變小流體吸入

(二)接著我們在『原來如此』一書中也找到了水槍的原理，其實水槍和針筒一樣，都可稱為『活塞泵』，當壓下水槍板機時，先從排出閥排出泵室中的空氣，放開板機時，水從吸入閥吸入泵室中，再一次壓下板機時，泵內壓力變大，水就從排出閥排出。參考圖片七、圖片八



圖片七 水槍結構圖，彈簧前方是活塞、彈簧下方是吸入閥、彈簧上方是排出閥



圖片八 由左而右分別是，『擠壓活塞排出空氣』、『放開活塞吸入水』、『擠壓活塞排出水』

二、在認識了水槍原理之後，我必須選擇到底要用水槍還是針筒作為滅火的工具，先不論採用何種設備，我都必須使用機械裝置來驅動針筒中的活塞或是擠壓水槍板機，而非使用人力的方式操控。在評估之後，由於水槍的固定還有運用機械驅動水槍板機較為困難，因此我選擇使用針筒作為噴水的工具。

三、在確定使用針筒作為噴水工具之後，必須解決一個問題，就是將針筒改良成和水槍一樣，具備一個進水閥門、和排水閥門，而不是針筒原先只有一個孔，也就是在拉動活塞時，水會從進水閥門進入針筒，擠壓針筒活塞桿，水會從排水閥門排出。請參考圖片九、圖片十、圖片十一、圖片十二



圖片九 進水閥門和排水閥門上方的橡膠管，剪成倒 V 字形是為了方便進水



圖片十 進水和排水閥門的完整構造圖，BB 彈和螺絲放入紅色電夾套中，前方套上倒 V 字形橡膠軟管，後方套上一段軟管，就完成了防止流體逆流的裝置。當螺絲被吸入倒 V 字形軟管時，雖然會堵住管子，但是水可以從 V 字形的縫隙中流入，BB 彈則是用來堵住下方軟管。



圖片十一 進水和排水閥門的構造都相同，需要兩個圖中的裝置



圖片十二 改造後的針筒，針筒下方紅色電夾套是進水閥門，針筒右側黑色電夾套是出水閥門，並且利用機械裝置拉動針筒中的活塞，進水閥門利用橡膠管連接儲水槽。

四、在完成針筒的改造後(將針筒改良成具備水槍的功能)，就必須開始製作一個可以藉由電動機械方式來拉動針筒活塞的裝置。(才能達到自動滅火：排除一切人為操縱)。

(一)要拉動針筒必須有強大的力量，因此可以使用『減速齒輪箱』，就像開車時，汽車使用一檔起步，或用低速檔爬坡是一樣的意思，雖然轉速較慢，但是卻可以產生較大的轉動能力。

我在文具店買到一個減速的金屬齒輪箱，從馬達上的齒輪開始傳動，總共經過了四次的減速(小齒輪帶動大齒輪共四次)。安裝電池測試之後，我嘗試想要用手抓住減速齒輪箱轉動的軸，因為轉動力太強了，所以根本抓不住。

(二)有了齒輪箱產生的強大力量後，必須將軸彎曲成『曲柄』，再利用『連桿』連接活塞桿和曲柄，如此就可以用電動的方式來帶動『往復泵』了〈改裝後的針筒〉參考圖片十三



圖片十三 圖中上方的金屬齒輪箱，共有八個齒輪，構成四組齒輪組，每一組都是藉由小齒輪帶動大齒輪，所以都是減速齒輪組，雖然轉速慢，卻可以產生強大的轉動力，並將動力傳遞到最後的軸上，並將這根軸彎成『曲柄』，在針筒活塞桿上方的兩個木條，就是『連桿』，連桿可以將『曲柄和活塞桿』連接起來。自製的噴水裝置就可以運作了。

五、接下來安裝一個『按鈕開關』，並將電池盒、按鈕開關、驅動齒輪箱的小馬達利用電線連接起來。到此為止，電動噴水系統完成。

六、我利用壓克力板裁切成數片，用快乾膠和熱熔膠組合成一個小房子，來模擬室內的燃燒，房子下方的缺口，方便我將小蠟燭放入，並且可以在滅火後，用毛巾將噴濕的地方擦乾。

並在房子的四周和屋頂，用電動手鑽鑽出幾個洞，這些洞要插上噴水的管線，藉由這些管線同時噴水將室內的火給撲熄。參考圖片十四

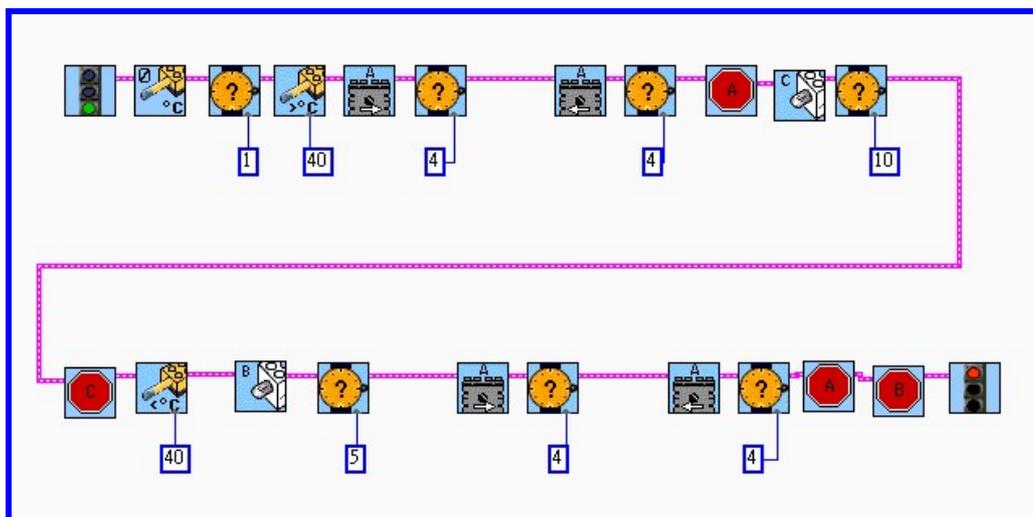


圖片十四 蠟燭可以從房子下方放入，房子屋頂正上方是『溫度感應器』，四周則是噴水管線

七、最後要製作的就是利用『LEGO 器材完成自動控制的部份』。我的設計規劃是，首先在壓克力房子屋頂處安裝『溫度感應器』，利用溫度感應器來監控屋內的溫度變化，若是達到我程式設定的溫度標準時，就當作是失火情形，控制器(RCX)就會命令馬達啓動機械裝置觸壓『往復泵』的開關，來進行自動滅火的工作，當蠟燭被撲滅時，室內溫度就會開始下將，當溫度感應器偵測到我設定的停止滅火的室內溫度時，控制器(RCX)會再一次命令馬達啓動機械裝置觸壓『往復泵』的開關，將噴水的滅火裝置關閉掉，停止噴水，完成整個自動滅火的流程。參考圖片十五、圖片十六



圖片十五 圖片中左側的黃色盒子是〈RCX〉它是一個可以接受程式、處理程式和執行程式的控制盒，RCX 上最左邊的電線連接的是溫度感應器，右邊的電線連接的是馬達，在溫度感應器偵測到設定的失火溫度後，RCX 就會啓動馬達帶動機械裝置去觸壓圖中最右邊的紅色按鈕開關，開關壓下後，往復泵就會開始抽水滅火。



圖片十六 利用 LEGO 軟體編寫的程式指令，透過傳輸器，下載到上圖中的 RCX 中，就可以執行指令了(LEGO 利用圖形化的介面，來表達每個指令的意思，我只需要合理的排列指令的先後順序就可以了)

## 陸、研究結果

在整個製作的過程中，研究結果包含幾個部份：往復泵的運作、燃燒蠟燭造成壓克力房子內部溫度變化、滅火後的降溫速度。以下是針對上述三點的研究結果說明：

一、往復泵的運作：這次製作過程中，往復泵的運作是很重要的一部分，它能夠順暢運作，才能夠順利將火滅掉，要順利驅動往復泵，請看下面的列表說明以下是針對上述三點的研究結果說明：

### （一）齒輪箱的影響

齒輪箱齒輪組的減速次數	運轉速度	產生力量	驅動往復泵活塞運作情形
越多	慢	大	越容易
越少	快	小	越困難

P.S.但是齒輪箱的減速次數過多也有缺點，也就是活塞桿的運作會太慢，對於希望快速滅火來說，並不適合。因此我選擇的是只減速四次的減速齒輪箱。

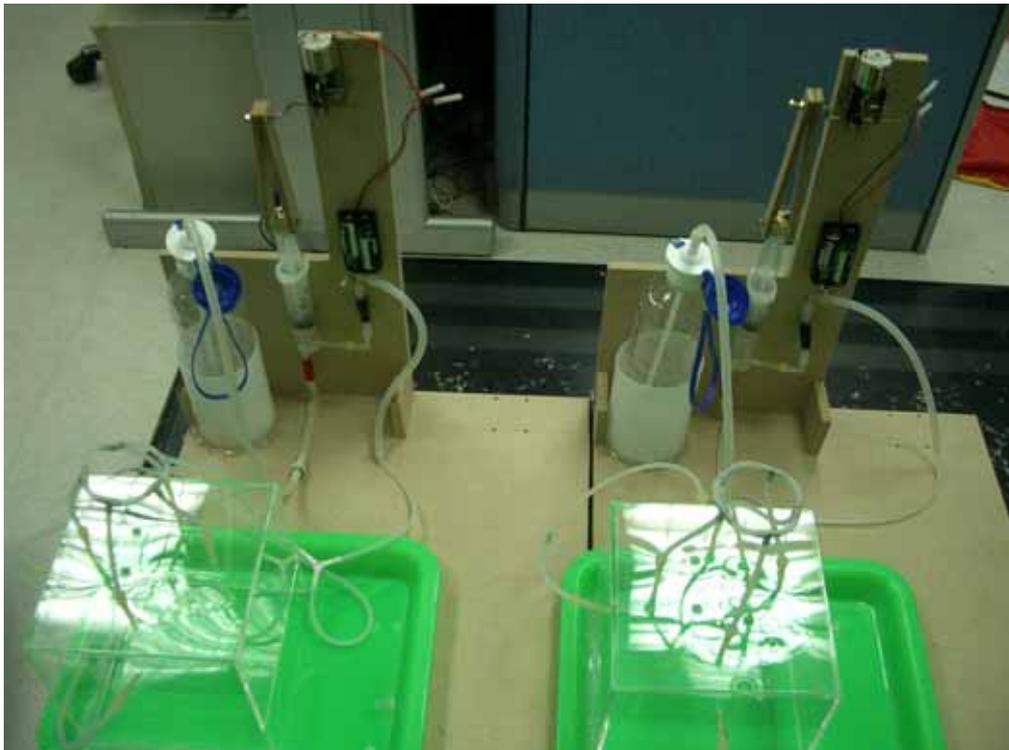
### （二）曲柄長短的影響

爲了提升往復泵中的進水量，以便觀察是否能夠加快滅火的速度，因此將原先 1.5cm 的曲柄長度，製作了兩組對照模型。

對照一模型：曲柄長度 2cm

對照二模型：曲柄長度 2.5cm，圖片十七

\*附註：曲柄加長所影響的是活塞在針筒中移動的距離，而活塞向上距離移動越多，抽進針筒中的水也會越多。



圖片十七 對照模型

測試結果數據資料如下：

	原模型	對照一模型	對照二模型
曲柄長度	1.5cm	2cm	2.5cm
活塞向下移動的持續噴水時間〈曲柄轉動半圈時間〉	1.34 秒	1.93 秒	3.88 秒
活塞向上移動不噴水時間〈曲柄轉動半圈時間〉	1.16 秒	1.53 秒	3.91 秒
儲水槽水用完的時間	3 分 15 秒	3 分 07 秒	5 分 27 秒
曲柄轉動一圈時間	2.3 秒	3.57 秒	7 秒
曲柄擺動角度〈由正前方到正後方的夾角〉	14 度	18 度	22 度
針筒進水量	10ml	12ml	14ml
3 個燭臺燃燒溫度從攝氏 50 度，下降到攝氏 40 度所需的時間			
第一次測試	1 分 00 秒	2 分 19 秒	1 分 12 秒
第二次測試	1 分 04 秒	1 分 58 秒	1 分 21 秒
第三次測試	1 分 10 秒	2 分 00 秒	1 分 44 秒

※測試報告：

- 1.曲柄長度增加，就會增加活塞移動距離，增加進水量。
  - 2.曲柄長度增加，優點有助於提升進水量，雖然持續噴水時間加長，但是卻顯現了不噴水時間加長的嚴重缺點，使得溫度難以下降。
  - 3.當曲柄長度在 1.5 公分時，雖然進水量不大，但是噴水的間隔時間很短，也就是每隔約 1.16 秒就可以再持續噴水約 1.34 秒，如此滅火的效率以及對於降溫的幫助較大
  - 4.當曲柄長度增加，由於進水量大，照理應該可以最快將儲水槽的水用完，但測試結果卻是最慢才將水用完，原因是曲柄加長，擺動幅度加大〈可由角度得知〉，機械的運作更為辛苦〈曲柄轉動一圈時間也增加到 7 秒〉
  - 5.噴水時間加上不噴水時間，和曲柄轉動一圈時間差異不大
  - 6.經過三個模型各三次的測試，以曲柄長度 1.5 公分的往復泵運作，對於滅火及降溫的效果最好〈因為噴水的頻率較快、機械的負荷量較低〉
  - 7.對照模型二較對照模型一的降溫時間略微快些，原因是『持續噴水時間的優勢』，但如此優勢還是不及於原模型『噴水頻率最快的最大優勢』
- 二、燃燒蠟燭造成壓克力房子內部溫度變化：首先我設計的程式是以攝氏 40 度當做失火的溫度(當然應當以更高的攝氏溫度為界定標準，採用攝氏 40 度是因為，第一：40 度的常溫一般很難出現。第二：溫度太高會將壓克力屋的頂部因高溫而扭曲變形，因此將 40 度作為判定失火的標準)

三、下列表格是蠟燭數量在壓克力箱中，燃燒時到達攝氏 40 度所花的時間，而起使溫度(尚未點燃蠟燭時)則是以攝氏 28 度為起始溫度。

蠟燭數量	3	4	5	6
到達攝氏 40 度所花費時間	約 30 秒	約 24 秒	約 20 秒	約 15 秒

P.S.由於擔心壓克力箱中的溫度過高，因此在壓克力箱的上方利用電鑽鑿出幾個大洞，用來散熱。散熱的好處包括，可以減短降溫的時間、以及避免降溫時間過長，儲水槽中的水被抽取完。因避免溫度過高，壓克力箱變形，在實驗完 6 個蠟燭燃燒達到攝氏 40 度所花費時間之後，往後的每次測試，我都是以 3 個蠟燭作為測試的標準。

四、我在程式中所設定的『火被撲滅的溫度標準』也是以攝氏 40 度作為停止滅火的標準，我在整個測試『自動滅火裝置』過程中發現，當壓克力箱溫度到達 40 度時，RCX 必須再驅動馬達啟動機械裝置去觸壓『按鈕開關』，才能開啓往復泵的開關，開始滅火的時候，溫度可能已經達到 45 度，將三個蠟燭撲滅掉需要花上一些時間，而且壓克力箱算是密閉空間，火撲滅掉時溫度有時已經到達 50 度以上，這時往復泵還是持續噴水，對於降溫也有很大的幫助而且可以避免火又復燃起來，因此往復泵整個噴水的時間會花上三四分鐘，等到溫度感應器偵測到低於 40 度的攝氏溫度時，緩衝 5 秒後，往復泵就會停止噴水了。

## 柒、討論

由於為了增加火被撲滅的速度與機率，我和指導老師討論後，決定將『往復泵』的排出閥管線上，分出七個可以噴水的滅火噴水口，壓克力箱上方共有四個噴水口，另外三個噴水口在壓克力箱的三面，希望藉此能夠快速的將火給撲滅掉。如果只有排出閥的一個噴水口來噴水的話，由於所射出的是水柱，無法將水擴散到各處，因此才會使用增加噴水口的方式來滅火，達到快速滅火的目的。

## 捌、結論

- 一、在這次製作過程中，我達到了自動滅火的目的，也就是完全不使用人力來操作，對於自動滅火的過程有了更深的認識和了解。
- 二、其實自動控制在日常生活中隨處可見，像是自動門、工廠中的生產設備等等，自動控制的好處有很多，除了可以節省很多的人力以外，也可以精準的去做好每一件事情，人會累，機器不會累，人累了就容易出錯，因為機器不會累，因此出錯的機率也可以大大的降低。
- 三、其實自動滅火系統除了一般的公共場所以外，一般家庭中並不是很普及，而且現在都市越來越擁擠，很多住家的巷弄越來越狹小、若是失火時，等到消防人員到達時，可能都來不及了，因此我希望將來有機會，能夠發明更棒的自動滅火系統而且又便宜，又有很棒的效能，讓火災發生所帶來的生命財產損失可以降到最低。

四、經過這次研究，讓我了解到滅火方式有很多種(有噴水、泡沫、粉末及避電式多種)，但因其它滅火方式不易模擬，也非我的生活經驗中所能理解，而水槍的結構、加上程式控制，是觸發我完成整個『滅火系統』的重要關鍵，水槍、機械、程式、自動滅火設備，在生活經驗中隨處可見，但這幾樣東西的『整合』是我在這次科學展覽中，最大的收穫。

五、啓發與省思：太多我們習以為常的東西，其實固中有許多有趣好玩的基本原理，當我們習以為常的同時，已經不再去了解『為什麼會這樣』，而設計發明這些東西的人，我想他們對於習以為常的東西還是很有好奇心的，就像我一樣！

## 玖、參考資料

尼爾·阿得利(Neli Ardley)，王原賢 翻譯(民 89)。原來如此---世界運轉的祕密。貓頭鷹出版---城邦文化發行。(128~131 頁)

## 評 語

### 080803 自動滅火系統

本作品利用簡易的自動控制元件與改造針筒成為出水泵，完成一自動滅火系統，具有很好的教育性，也充分發揮動手與解決問題的創意，簡報說明亦表達清晰，故推薦佳作。