

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

091012

智慧水電梯系統

學校名稱：國立曾文高級農業工業職業學校

作者： 職二 吳駿鴻 職二 汪哲勤 職二 李旻真	指導老師： 陳冠良 江政樵
---	-----------------------------

關鍵詞：水電梯、電梯最佳效率、節能

壹、摘要

本科展以傳統電梯為架構，提出一套電梯配重的改良系統，將電梯原固定配重之配重箱，改良為可調節重量之配重箱，以減少電梯電能消耗。我們於電梯的頂樓與地下室分別配置一個水箱，分為上下兩個水箱，當電梯空載時，電梯箱本身重量等於可調節重量之配重箱，如此可使電梯在靜止狀態時，達到馬達最小功率消耗。然而，當有乘客進入電梯箱時，即破壞載重箱與配重箱的平衡，此時，系統會依據目前電梯配重箱配重所在樓層位置，決定由上下水箱，作為配重水之填充或排放之容器，並將適量的配重水輸送至電梯配重箱，或反向將多餘配重水自電梯配重箱排出至下水箱中，以調整配重箱重量，達到載重箱與配重箱的平衡，即可達到電梯運行功率消耗最小化之節能目的。

貳、研究動機

我們曾經看過一則新聞報導，裡頭寫著：「孤單時，別搭電梯下樓」。新聞裡頭主要說明，一個人搭電梯下樓，居然比一個人搭電梯上樓還要浪費電能，原因就在於電梯配重，依報導中專業的電梯維修人員說法，在一般大樓的電梯系統裡，會有一個類似鉛垂的對重系統在電梯塔內，以維持電梯重量的平衡；對重系統本身要比無人的電梯箱重，且兩者大約會在電梯載重量達 45% 的時候，於重量上達成平衡。也就是說，當一個人搭電梯從一樓上樓時，由於對重系統比電梯重，因此只要靠著重力及滾輪，不用耗太多電就能把電梯給升上去。相反地，如果只有一個人搭電梯下樓時，因為電梯本身不夠重，牽引馬達就得啓動把對重系統給拉起，當然就會使用較多的電。因此我們對於電梯是否可以節能，產生很大的研究興趣，於是著手開始收集資料，與製作這次科展的作品。

參、研究目的

研究此科展的目的，主要是「節能」，在能源越來越枯竭的時代，節能變成是一種全民運動，在研究的過程中，發現電梯的用電在一般企業的辦公大樓與飯店，電梯用電量佔總用電量的 17% 左右，僅次於冷氣空調的用電量，但遠高於照明、供水等的用電。於是我們思考著使否能讓電梯工作的更有「效率」與「節能」，就成爲了這次科展的目的。

表 1：科展相關研究

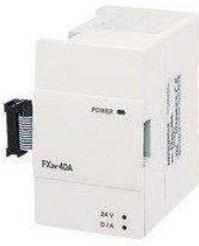
科展相關研究架構	教材相關性
電梯控制平台	工業配線、電工機械、基本電學實習、物理、機構設計
PLC 控制平台	PLC 程式設計、人機介面、AD 模組、感測器、電子電路
電梯相關知識	基本電學、電工機械

肆、研究設備及器材

一、研究設備與工具

表 2：研究設備及器材

		
一字、十字螺絲起子	剝線鉗、斜口鉗	手持式電鑽
		
鑽床	線鋸	銲槍、焊錫、吸錫器
		
砂輪機	示波器	電源供應器
		

三用電表	數位電表	電腦
		
三菱 PLC 3U 系列	PLC 4AD 模組	士林人機介面 EC200 系列

二、研究使用材料

表 3：研究使用材料

項次	元件名稱	規格	項次	元件名稱	規格
1	壓克力板	30x21cm	17	單相感應電動機	4IK25GN-C
2	木板	70x18cm	18	啓動電容 1.5 μ F	CBB61
3	木板	25x21cm	19	鏈條	410x106L
4	噴漆(銀)	400cc	20	液位感測器	PS-3S
5	IC	LM324	21	水管	11mm(管徑)
6	繼電器 (SSR)	RAS-1210	22	鋁軌	62cm
7	繼電器 (SSR)	RAS-0610	23	電磁閥 16mm	SENY DINE CIFA
8	PLC	FX3U-32MR	24	電磁閥 5mm	FA2F
9	AD 模組	AX2N-4AD	25	角鐵	70cm/20cm
12	MC 電磁接觸器	660V/15HP	26	壓力感測器	FSR400
11	水箱	5 L	27	端子台	2P
12	水箱	3 L	28	電子用端子台	2P
13	線槽	62cm	29	齒輪	6cm(直徑)
14	光電開關	A3R-1MX	30	電阻	100K Ω
15	抽水馬達(達成)	M101	31	電阻	10K Ω
16	抽水馬達(EDEN)	EDEN126	32	電阻	33K Ω

伍、研究過程或方法

一、研究架構

本系統架構主要分成兩個部分，(1)電梯控制平台、(2)P L C 控制系統，如圖所示。首先，本科展參考真實電梯系統，建立等比例縮小的四層電梯模型，用以驗證所提出之電梯節能策略。第二部分的 P L C 控制系統，在接收到由電梯傳回之電梯載種變化與配重水箱位置後，負責將本科展所提出之電梯配重演算法運用在電梯配重調節上，將完成最佳配重策略所需，開啓的水閥位置，傳回電梯平台的控制單元，控制單元再藉由開啓特定箱之水閥，以調節電梯配重水箱中的配重水量，完成電梯配重最佳化動作。



(圖 1：水電梯系統架構)

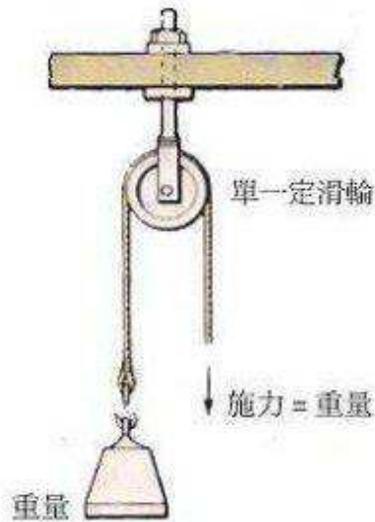
二、研究過程與方法

(一) 電梯原理介紹

主要根據槓桿原理達到節能的目的。利用槓桿原理，有的是為了省力，有的是為了加速，有的是為了獲得方向改變的效果。不管其目的如何，當槓桿在施力與抗力作用下平衡時，由槓桿原理可知施力對支點產生的力矩臂等於抗力對支點產生的力矩。

$$\text{施力} \times \text{施力臂} = \text{抗力} \times \text{抗力臂}$$

1. 若施力臂 > 抗力臂，則施力 < 抗力，此槓桿可省力，但施力的移動距離較短。
2. 若施力臂 < 抗力臂，則施力 > 抗力，此槓桿不能省力，但施力的移動距離較長。
3. 若施力臂 = 抗力臂，則施力 = 抗力，此槓桿不省力亦不省時，但可獲得方向改變的效果。



(圖 2：槓桿原理示意圖)

傳統電梯構造中爲了保持電梯的安全、等速運和方便電梯改變方向移動，一般設定配重箱採用電梯廂空載時重量的 1.5 倍，本科展採用槓桿原理中兩邊等重原理，利用可變的配重箱來與電梯載重箱做匹配，使電梯馬達能在最小消耗下達到電梯運作。在經過許多電梯文獻的查詢，得知一個結論，當配重箱與電梯廂重量等重時，馬達的工作效率會最佳。

(二) 電梯配重箱原理介紹

配重箱是曳引式電梯賴以正常運作時不可缺少的裝置，在電梯運行中負責平衡電梯廂與配重箱之重量，並減少電動功率消耗。配重一般位於電梯箱後方，通過曳引繩與曳引輪與電梯廂連接。在電梯運行過程中，配重箱會再配重導軌滑行。

爲了使配重箱能對電梯廂起最佳平衡作用，必須正確計算配重箱的總重量(g)。配重箱的總重量與電梯本身的淨質量和電梯廂的額定重量有關，他們之間關係常用下式(2.1)決定，其中配重 $W_{配}$ ：配重總重量(g)、 $G_{淨}$ ：電梯箱淨重(g)、 Q ：電梯箱額定重量、 K_p ：平衡系數(0.4~0.5)

$$W_{配} = G_{淨} + Q \times K_p \quad (2.1)$$

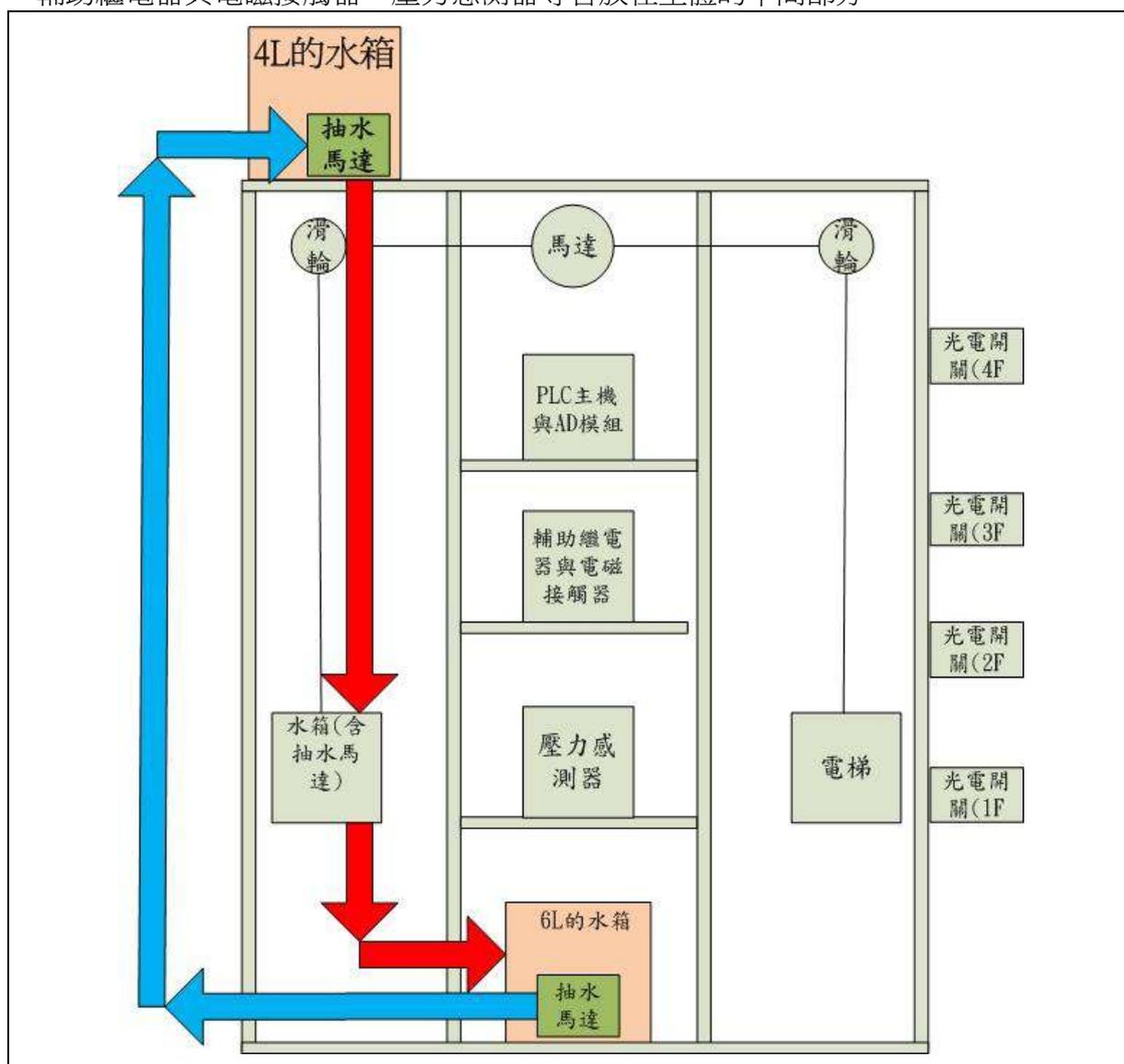
如：本科展的模型電梯的載重 3000g，電梯箱淨值爲 740 g，若平衡系數爲 0.5，求配重裝置的總值量 $W_{配}$ 爲多少？以知 $G_{淨} = 1000g$ ， $Q = 3000g$ ， $K_p = 0.5$ 帶入(2.1)式

$$W_{配} = G_{淨} + Q \times K_p = 740 + 3000 \times 0.5 = 2240g$$

依據公式本科展研究的配重系統，最多可以配重 2240g 重，故在實驗電梯箱體時，以 380g 重的法碼為一個單位，最可以使用 6 個單位的法碼，總共 $380 \times 6 = 2280\text{g}$ 。

(三) 電梯控制平台

電梯控制平台的主要四大部分電梯主硬體、電梯承載箱、上下配重水箱、控制單元、發電機模組。在我們初步規劃上，我們將電梯控制平台與 PLC 控制平台的相關位置，做了一個構想圖，整個成品的主架構，是利用角鐵組裝來完成初步的硬體結構，而硬體的左側與右側分別代表了電梯的承載箱與配重箱，其他相關設備，例如 PLC 主機、AD 模組、輔助繼電器與電磁接觸器、壓力感測器等皆放在主體的中間部分。



(圖 3：電梯控制平台示意圖)

1. 電梯主硬體

剛開始實驗的我們是以簡單的材料來試做假設的電梯實體，我們用棉線來做電梯的纜繩，利用工業配線的技能設計出一個使馬達正反轉的控制電路，來實驗電梯的上升與下降功能，如下圖。



圖 4：第一代與第二代的電梯構造

在實驗一段時間後，發覺棉線的耐扯度不佳，然而前面的配線盒也顯得很礙路。我們就做了修改把棉線改網球線，配線盒就把它改到裡面來配線，減小空間的阻礙，圖如下。然而在實驗的過程中，我們也發現到配重箱在上下升時會搖晃劇烈，導致配重箱變得很不穩定，所以我們就用齒輪來帶動配重箱來讓它變得穩定的下降跟上升，然後配重箱上升與下降的旁邊也加上壓克力板來讓它在固定軌道上運動。

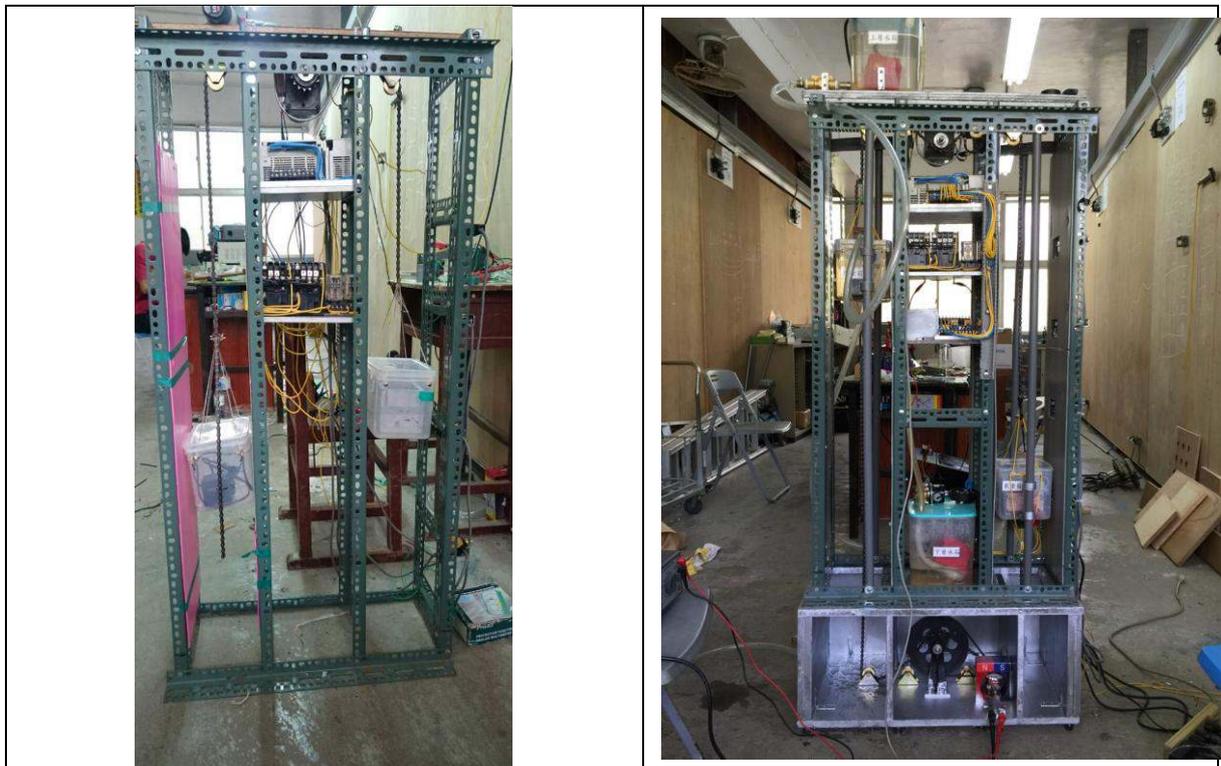
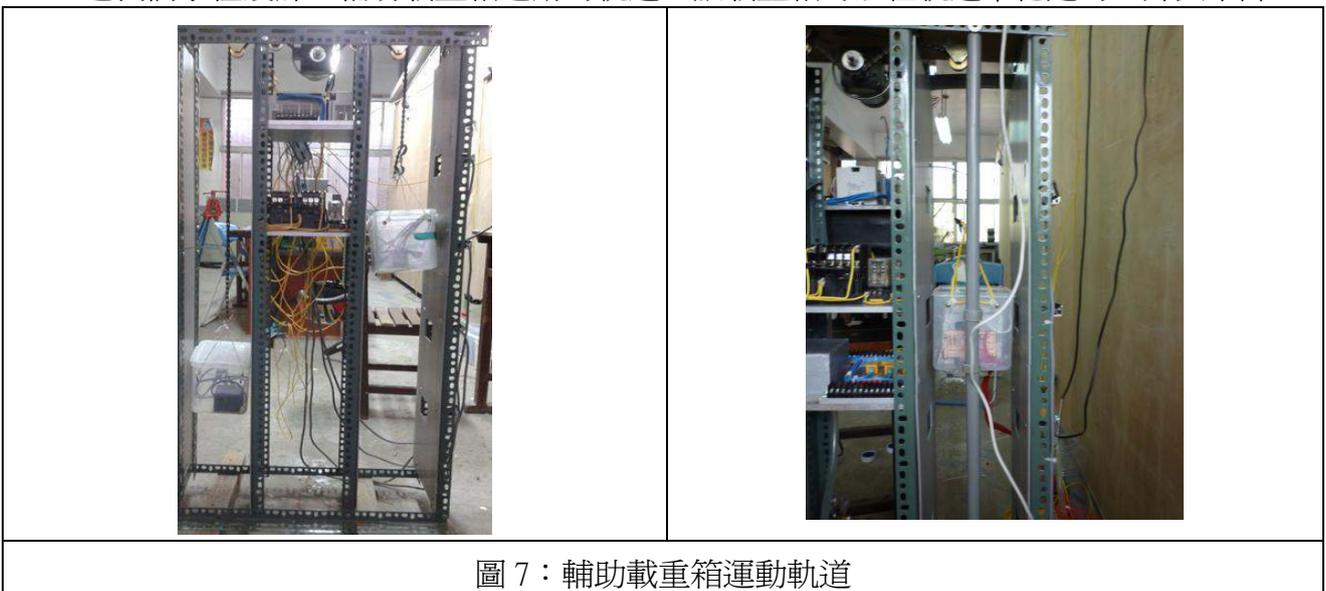


圖 5：第三代與第四代的電梯構造

在第二代電梯的傳送機構到第三代的傳送機構的改善過程，我們發現第二代傳送機構在帶動電梯承載箱與配重箱時，時常會發生當兩者中有一個箱體過重時，會造成箱體自動滑動的現象。在實驗的過程中，也會因為鏈條在第二代傳送機構中，容易脫落的現象。在第三代傳送機構中，我們在原本的滑輪中在加上兩個中繼的滑輪幫助固定與帶動，而感應馬達帶動鏈條的方式，也由上面傳動改善成下方傳動，這樣的做法，讓我們在實驗的過程中，解決了鏈條容易脫落的現象，讓我們傳送機構更加穩定。由於傳統的電梯在煞車時會消耗許多的電，所以我們在第四代電梯底部設置了一組發電機模組，利用電梯的煞車時動能來進行發電，讓電梯的煞車能回收再利用。

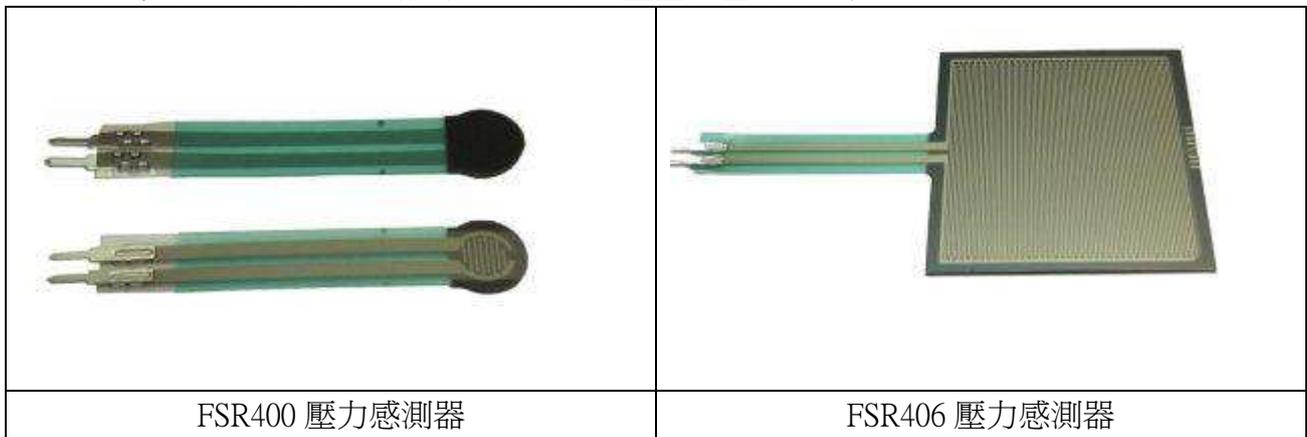


在實驗的過程中，載重箱因為實驗的載重不同時，容易產生搖晃，造成箱體不穩定，經過我們小組設計，輔助載重箱運動的軌道，讓載重箱可以在軌道中穩定的上升與下降。

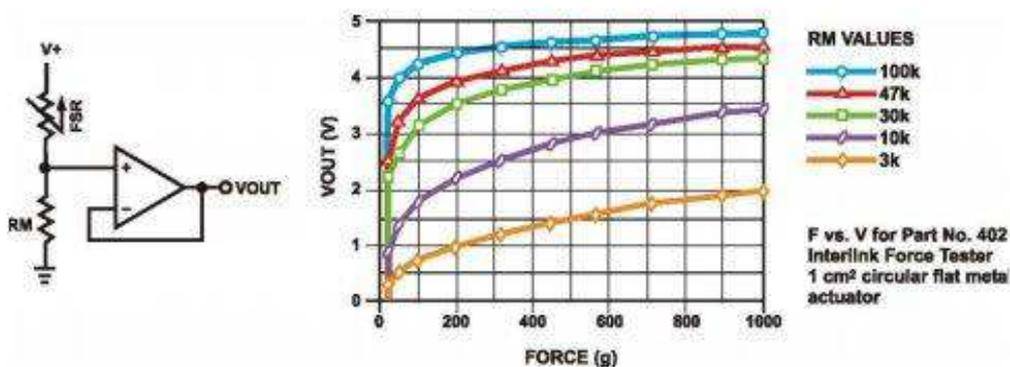


2. 電梯承載箱

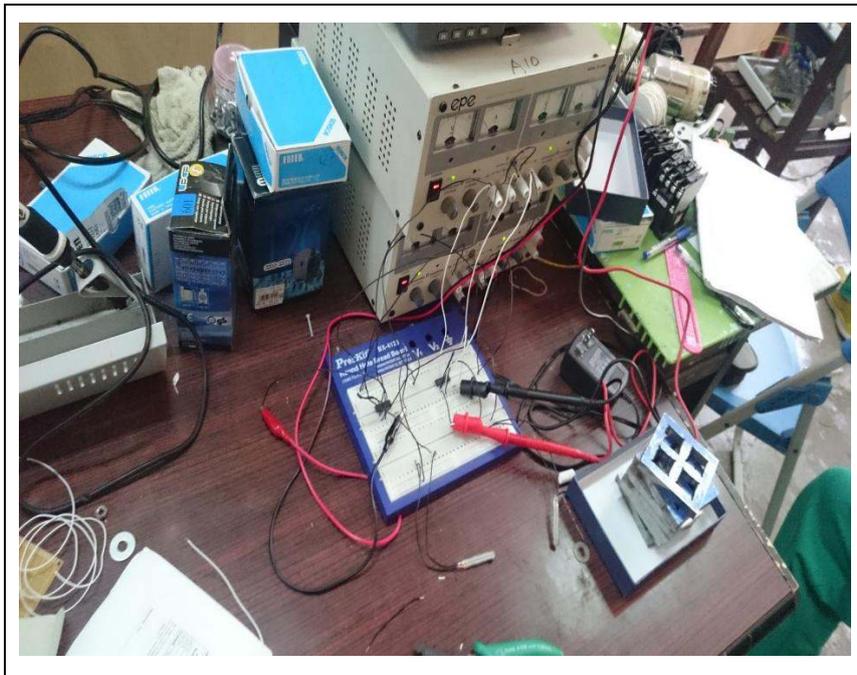
電梯承載箱主要使用 FSR 系列壓力感測器做為承載箱重量的感測，在一開始實驗時，我們使用了 FSR406 與 FSR400 壓力感測器來做實驗，其壓力感測器的特性，施加在感應區域的力量大小變化，其所輸出的電阻值將會有相應的變化。力量越大，電阻值越小。若沒有施加任何力，電阻值將會大於 $1M\Omega$ 。此感測器能夠檢測 10-10kg 的壓力。在實驗的過程中發現 FSR406 壓力感測器，在使用時不易量測重量的變化，除非其方型的感測器接觸面有明顯彎曲時，才會有量測上的變化。但使用 FSR400 做量測時，意外發現其對重量的變化，反應靈敏但其缺點為接觸量測的面積較小，經過單顆與兩顆以上的 FSR400 壓力感測實驗後，我們決定利用四顆 FSR400 壓力感測器來設計我們電梯的承載箱的壓力感測電路。電梯承載箱中的壓力感測電路為四個角落皆有 FSR400 壓力感測器，當配重發生變化時，會藉由 PLC 的 AD 模組將變化的壓力值傳回 PLC 內部做判斷的工作，因使用四顆壓力感測器，所以在撰寫 PLC 程式時，我們是取四顆壓力感測器的平均值，來進行判斷，經由多次的實驗數據，推導出一個承載重量與壓力感測值的關係式。



(圖 8：FSR 壓力感測器)



(圖 9：FSR 壓力感測電路與特性曲線)



(圖 10：壓力感測器實驗過程)

FSR400 力敏電阻式壓力傳感器測試數據：

表 4：FSR400 力敏電阻式壓力傳感器測試數據

(1)FSR400 感測器分佈在量測物體的對角

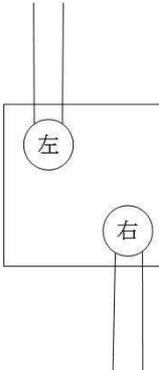
	測試重量	(1)左邊感測器	(1)右邊感測器
	380 公克	0.9V	0.7V
	760 公克	1.0V	0.8V
	1140 公克	1.1V	1.0V
	1520 公克	1.2V	1.1V
	1900 公克	1.3V	1.3V
	2280 公克	1.4V	1.4V

表 5：FSR400 力敏電阻式壓力傳感器測試數據

(2) FSR400 感測器分佈在量測物體上方

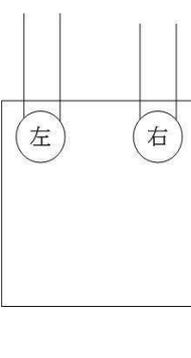
	測試重量	(2)左邊感測器	(2)右邊感測器
	380 公克	0.7V	0.6V
	760 公克	0.9V	0.8V
	1140 公克	1.0V	1.0V
	1520 公克	1.3V	1.4V
	1900 公克	1.7V	1.6V
	2280 公克	1.9V	1.9V

表 6：FSR400 力敏電阻式壓力傳感器測試數據

(3) FSR400 感測器分佈在量測物體左方

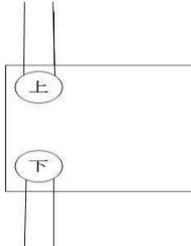
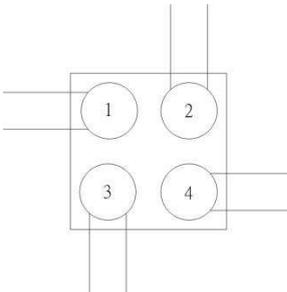
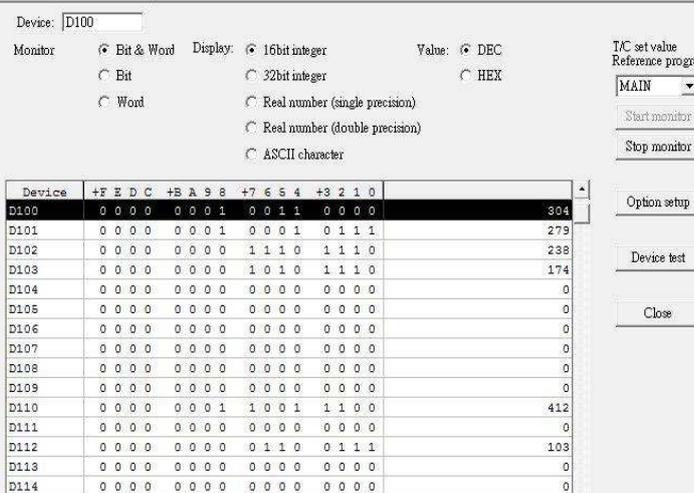
	測試重量	(3)上面感測器	(3)下面感測器
	380 公克	0.75V	0.77V
	760 公克	0.96V	1.0V
	1140 公克	1.2V	1.3V
	1520 公克	1.5V	1.5V
	1900 公克	1.8V	1.6V
	2280 公克	2.1V	1.7V

表 7：FSR400 力敏電阻式壓力傳感器測試數據

(4) FSR400 感測器分佈在量測物體四角落

	測試重量	(1)左上角	(2)右上角	(3)左下角	(4)右下角
	380 公克	0.3V	0.3V	0.8V	0.8V
	760 公克	0.7V	0.7V	0.9V	1.1V
	1140 公克	0.9V	1.3V	1.5V	1.4V
	1520 公克	1.4V	1.8V	1.8V	1.7V
	1900 公克	1.7V	2.0V	2.1V	2.1V
	2280 公克	1.8V	2.2V	2.3V	2.4V





Device: D100

Monitor: Bit & Word Display: 16bit integer Value: DEC

Bit 32bit integer HEX

Word Real number (single precision) Real number (double precision)

ASCII character

TAC set value Reference program

MAIN

Start monitor

Stop monitor

Option setup

Device test

Close

Device	+F	E	D	C	+B	A	9	8	+7	6	5	4	+3	2	1	0	
D100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	304
D101	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	279
D102	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	238
D103	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	174
D104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D110	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	412
D111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	103
D113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(圖 11：AD 模組數據與實驗過程)

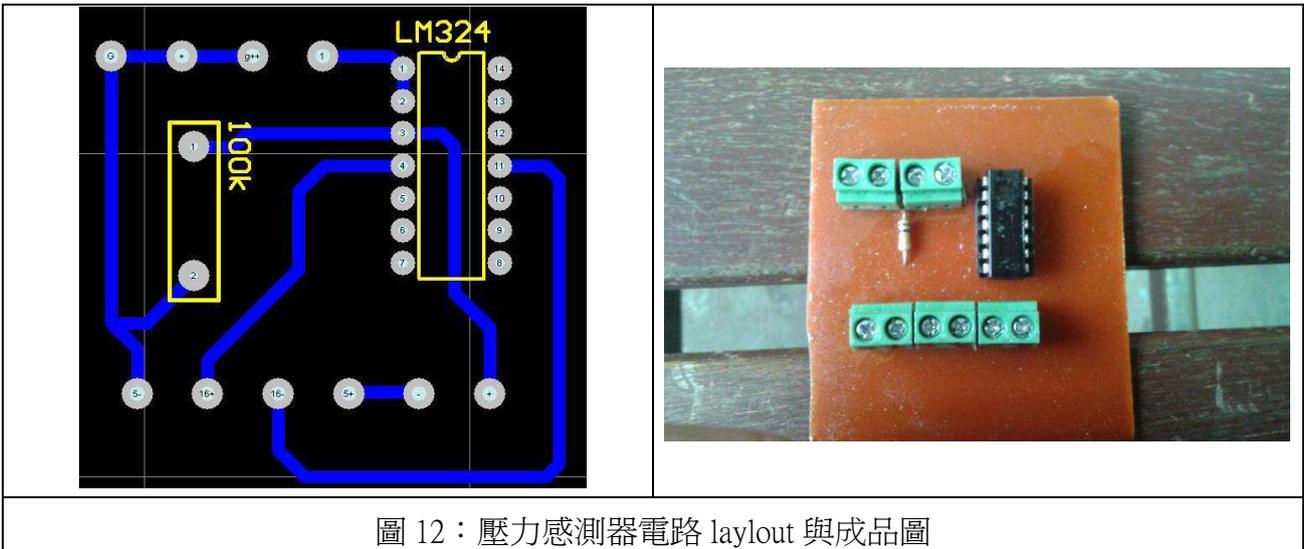
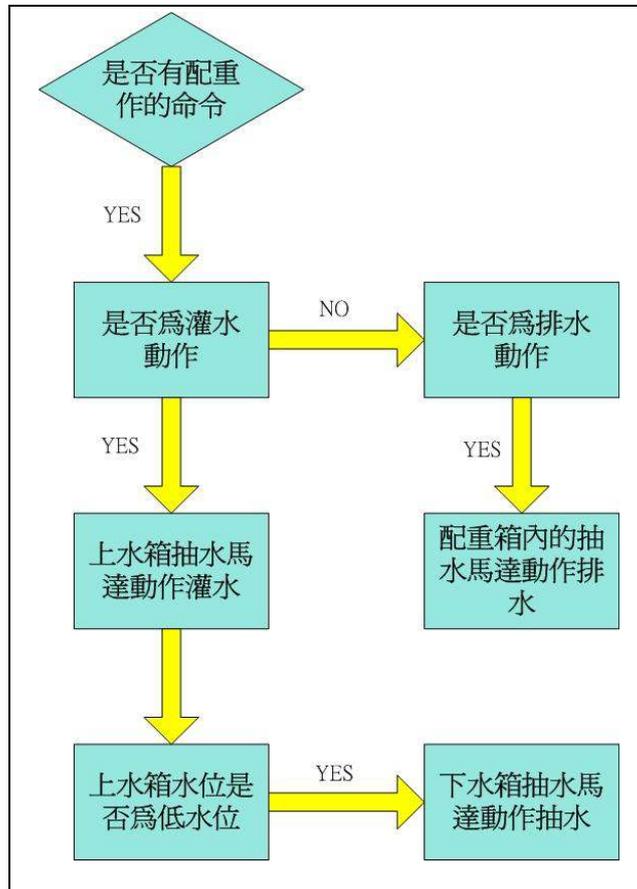


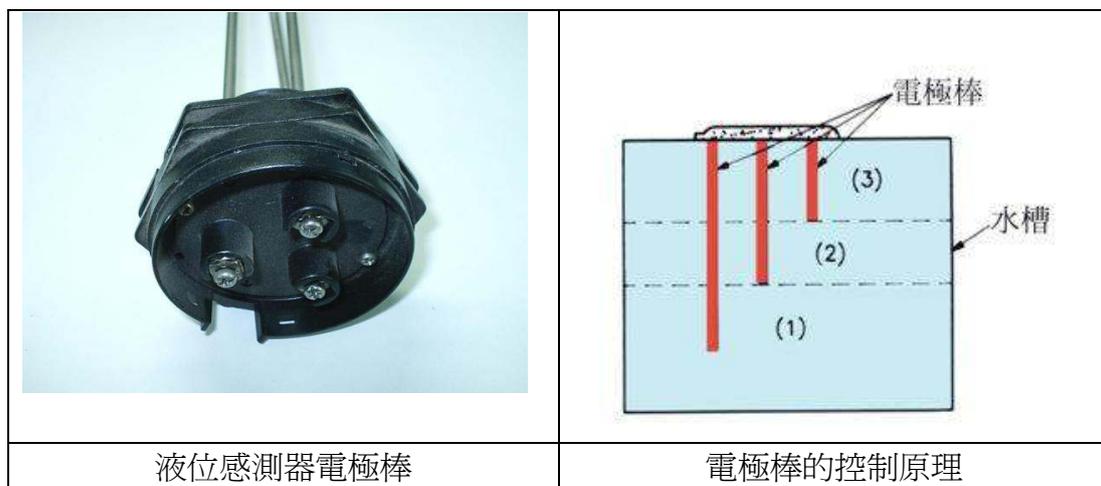
圖 12：壓力感測器電路 layout 與成品圖

3.上下配重水箱

本團隊專注於，電梯於各種運作模式下，系統該於何時刻，進行電梯配重箱之充排水，以保持電梯承載箱重量與電梯配重箱重量的相等，如此才能達到重量的平衡，達到電梯馬達的最佳功率。在此我們將說明電梯配重箱抽放水，其所用配重水來源的配置策略。本系統共有上、下兩個水箱，因此需依據電梯配重箱位置，來制定一水箱配水策略，以達到配重水循環再利用的目的。水箱的配水策略，當上水箱的水位低於低水位的極限值時，下水箱會抽水至上水箱，當上水箱的水位於中水位以上時，則下水箱會停止供水給上水箱。當配重箱的重量增加時，上水箱會抽水至配重箱中，當配重箱的水重量與電梯承載箱等重時，上水箱會停止供水。當配重箱的重量減少時，配重箱中的水會排水至下水箱中，當配重箱的水重量與電梯承載箱等重時，配重箱會停止排水。



(圖 13：抽水馬達動作流程圖)



(圖 14：液位感測器)

在每個水箱內皆加裝液位感測器電極棒，來監控水箱內的水位高度，液位感測器電極棒的控制原理為，最長電極棒為共點，當水位在上圖(1)的位置時，只有最長電極棒導通。當水位在上圖(2)的位置時，則為最長電極棒和中電極棒導通。當水位在上圖(3)的位置時，則三根電極棒導通。利用電極棒的導通特性，我們透過適當的方式改裝，將電極棒擴充成四根電極，變成四層水位的控制。

表 8：抽水馬達規格

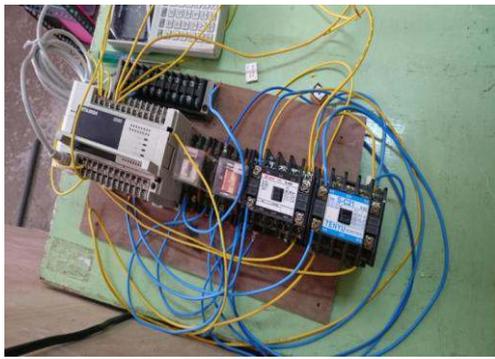
			
EDEN 系列抽水馬達		達成系列抽水馬達	
109 系列	126 系列	M101 系列	M201 系列
電壓：220V 揚程：0.8 公尺 功率：5W 流量：500 l/h	電壓：220V 揚程：1.5 公尺 功率：20W 流量：800 l/h	電壓：110V 揚程：1.8 公尺 功率：28W 每分鐘流量：12 公升	電壓：110V 揚程：5.1 公尺 功率：55W 每分鐘流量：22 公升

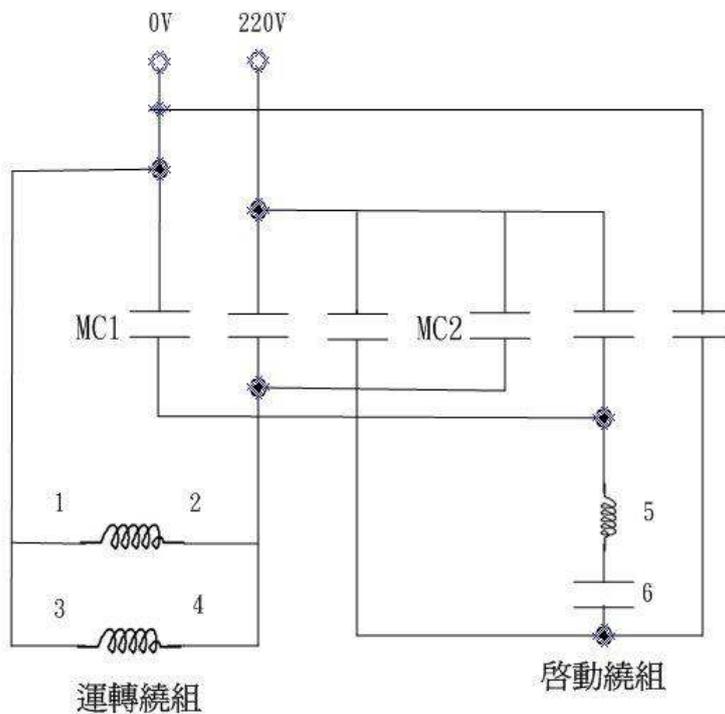
在實驗的過程中，一開始我們使用的 EDEN 系列的抽水馬達為養殖觀賞魚用的，在實驗水箱抽水與排水過程，發現其功率與揚程太小，導至每次抽水與排水的時間都將近 30 秒以上，為了電梯的配重策略可以即時快速反應，於是我們尋找了許多資料，意外發現應用在冷氣空調系統中的達成系列抽水馬達，其功率與揚程正是我們需要的，經過抽水與排水的實驗驗證，可以將時間縮短至 6 秒內完成動作。

4.控制單元

在控制單元中，控制電梯上升與下降動作的為單相感應電動機，電梯每個樓層的位置感測，則是使用直接反射型光電開關。在控制單相感應電動機的設計，為了避免啓動電流過大燒毀 PLC 的輸出接點，所以 PLC 的輸出接點不直接控制單相感應電動機，而是透過驅動輔助繼電器的方式來驅動。

表 9：器具與配線圖

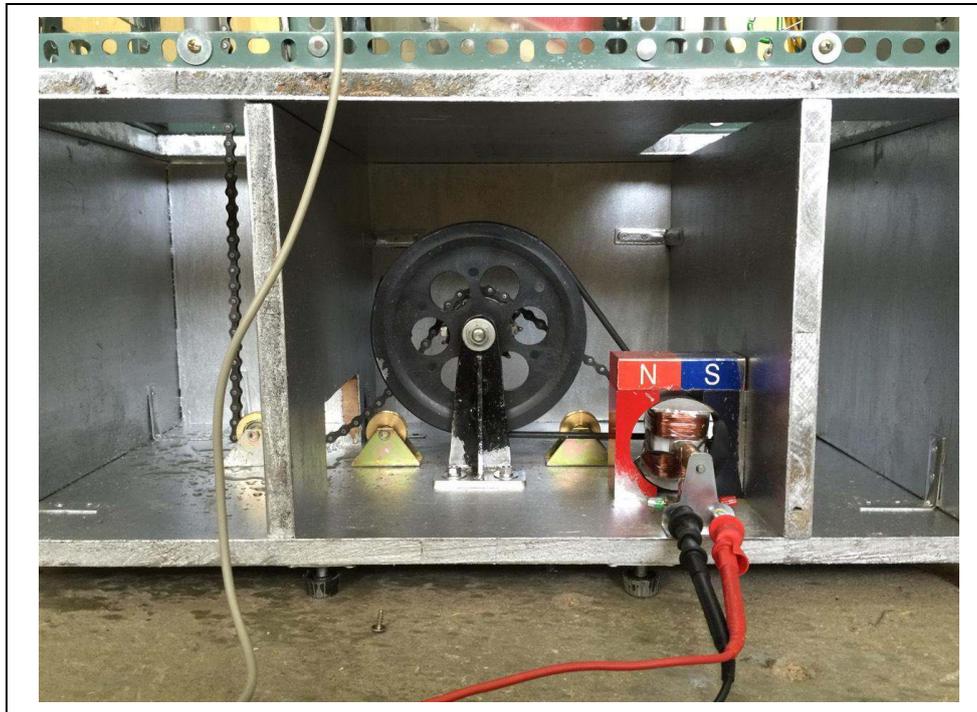
	
<p>單相感應馬達 功率：25W 電壓：220V / 電流：0.26A 啓動轉矩：1.38 kg-cm / 額定轉矩：1.52 kg-cm</p>	<p>直接反射型光電開關 電壓 110~220V 反應時間：15ms 感應距離：100cm</p>
	



(圖 15：單相感應電動機主線路)

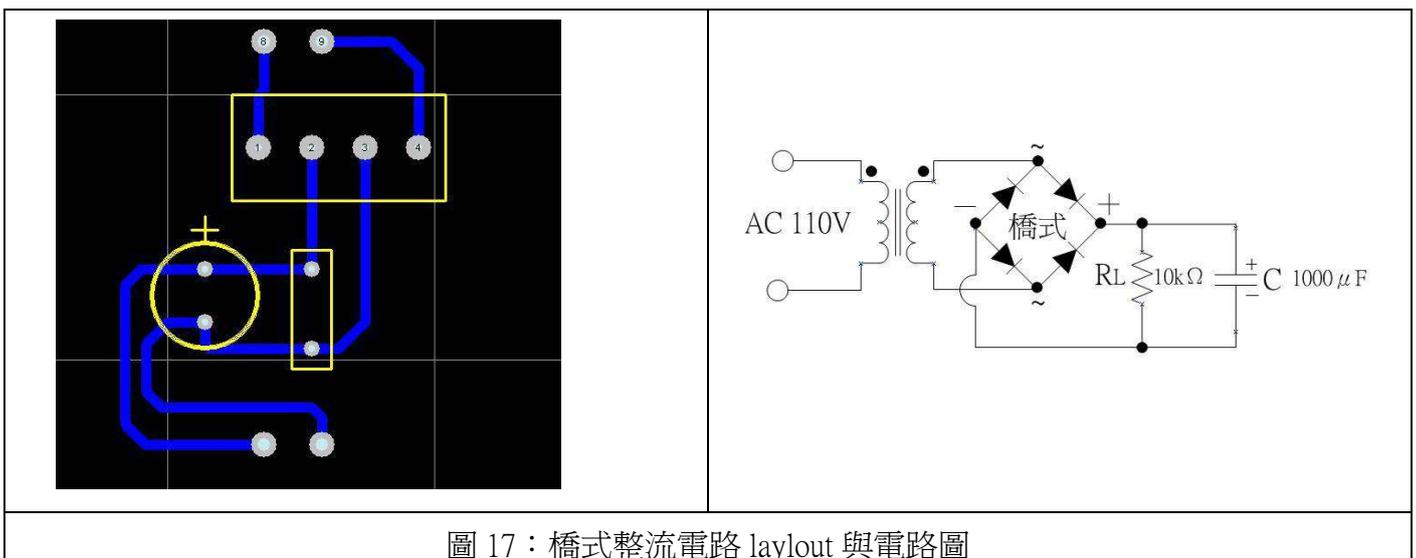
5.發電機模組

由於傳統電梯在煞車時會消耗許多的電力，所以我們將電梯的煞車動能在利用，讓電梯煞車時的能源可以在發電，以大輪帶動小輪的方法，讓發電機模組發電。如下圖：



(圖 16：發電機結構圖)

因為發電機發出來的是交流電而且電壓又很小，所以我們把發電機的輸出接上了變壓器進行升壓，和利用橋式整流電路把交流電變成直流電。



後來經過我們發現經過橋式整流電路量測出的電壓還是很小，所以我們利用電子學所學到的 OPA 運算放大器來把電壓放大。最後經過我們實驗把水電梯接上發電機實際運轉，我們發現因為電梯經常在運轉的過程中，停止再運轉會造成電壓放大電路時常忽大忽小，於是我們就做了穩壓電路，利用切換式的穩壓 IC LM2575，使用此 IC 的目的是讓電路的工作效率更好一些，而穩壓電路讓輸出的電壓更穩定。

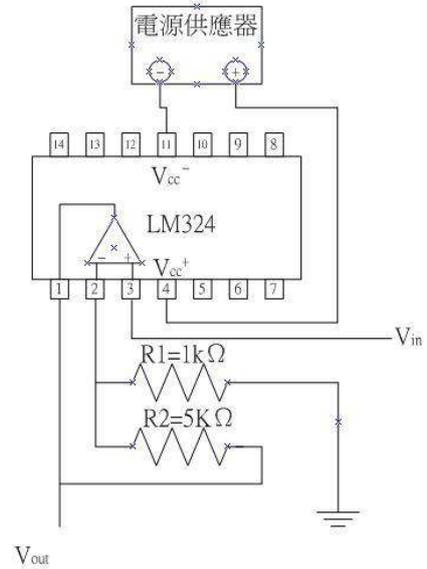
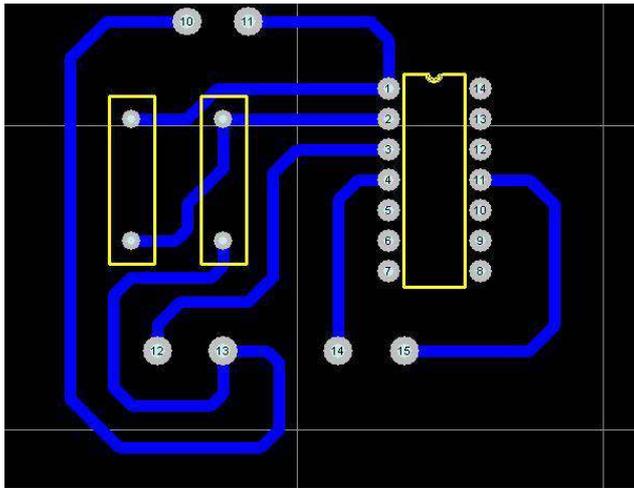


圖 18：OPA 運算放大器電路 layout 與電路圖

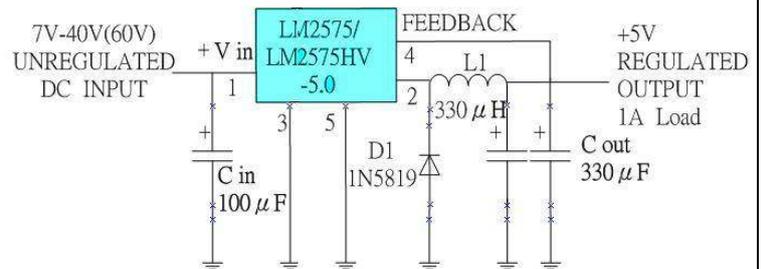
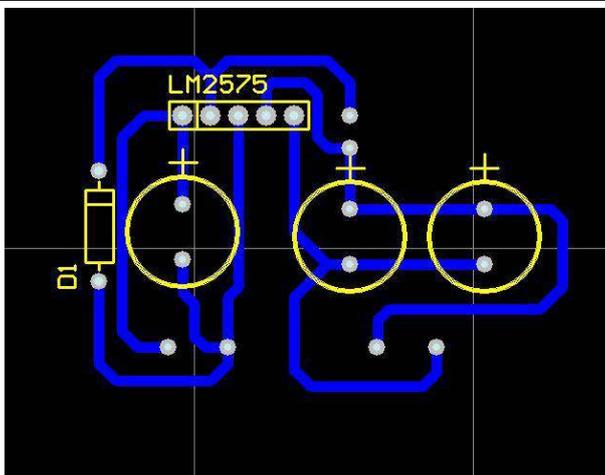
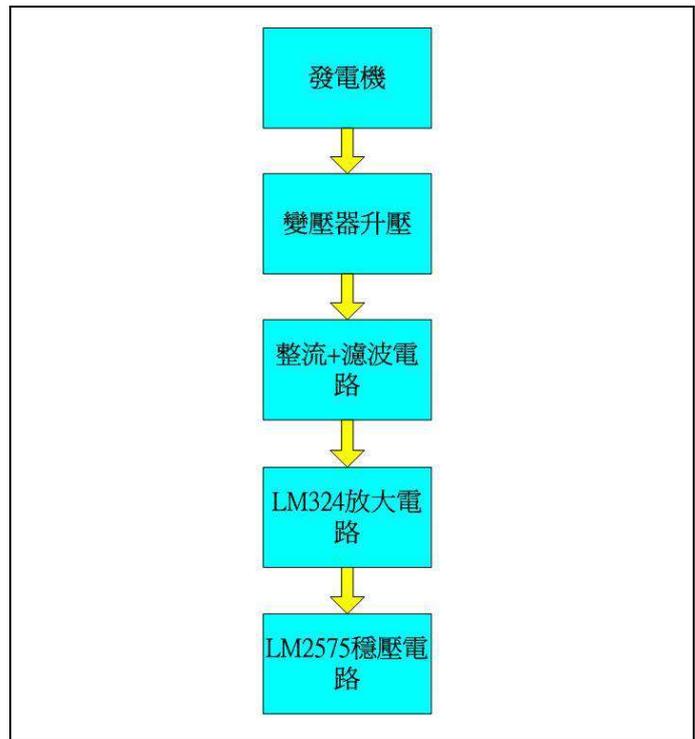


圖 19：LM2575 穩壓電路電路 layout 與電路圖

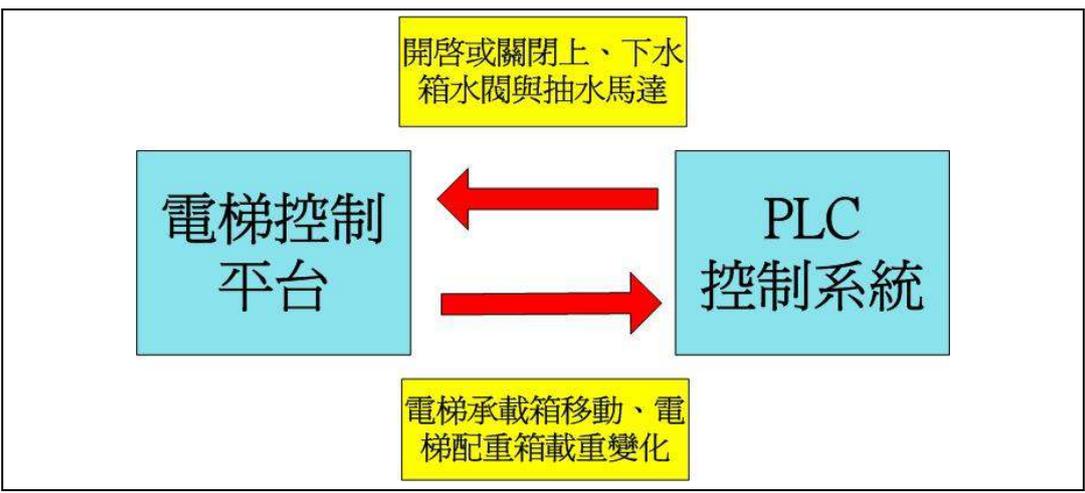


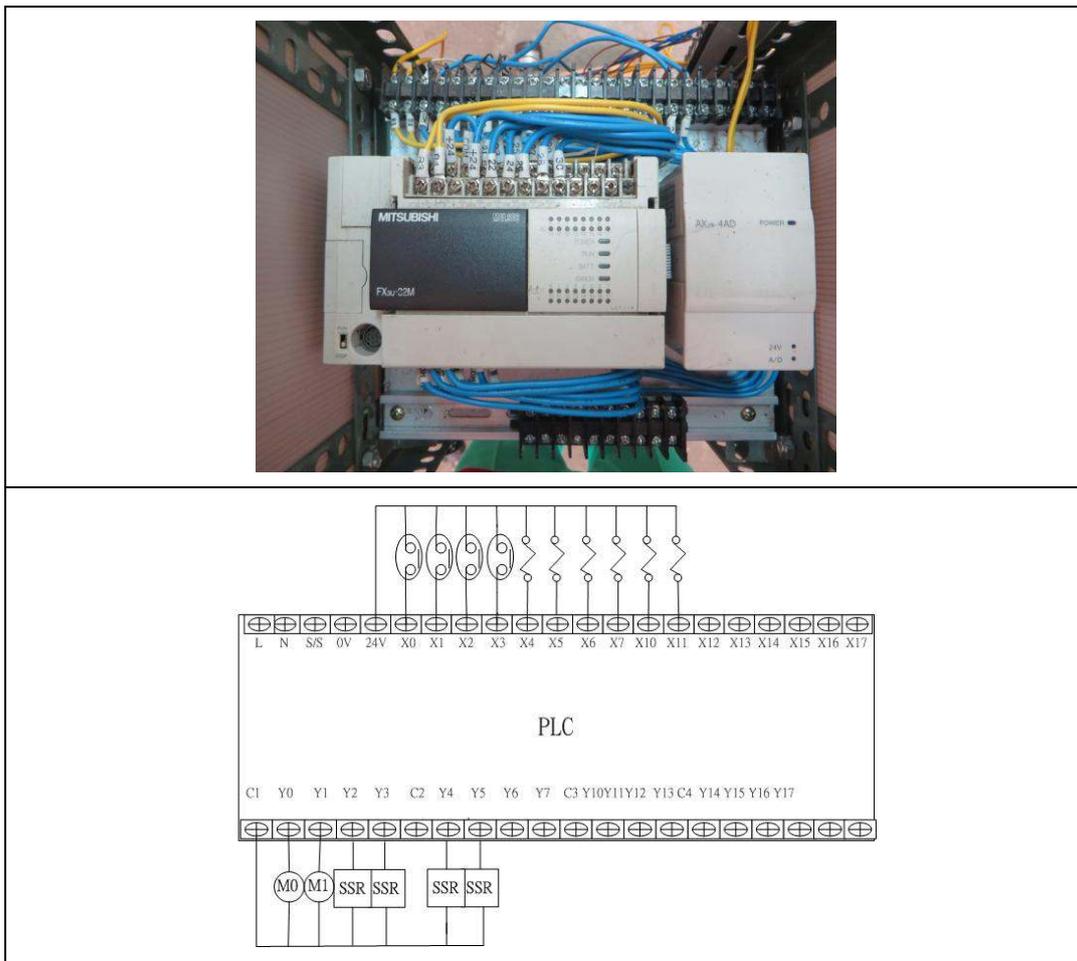
(圖 20：發電機發電流程圖)

(四)PLC 控制系統

PLC 控制系統的主要三大部分為 PLC 主機硬體、4AD 模組、人機介面。

1. PLC 主機硬體主要分為 PLC 的輸入接點端與 PLC 輸出接點端，此外利用 PLC 的程式撰寫電梯控制的演算法、與 A/D 模組的配重重量計算。PLC 的輸入接點端，主要以液位控制開關為主，主要回傳 PLC，上下水箱的水位狀況。



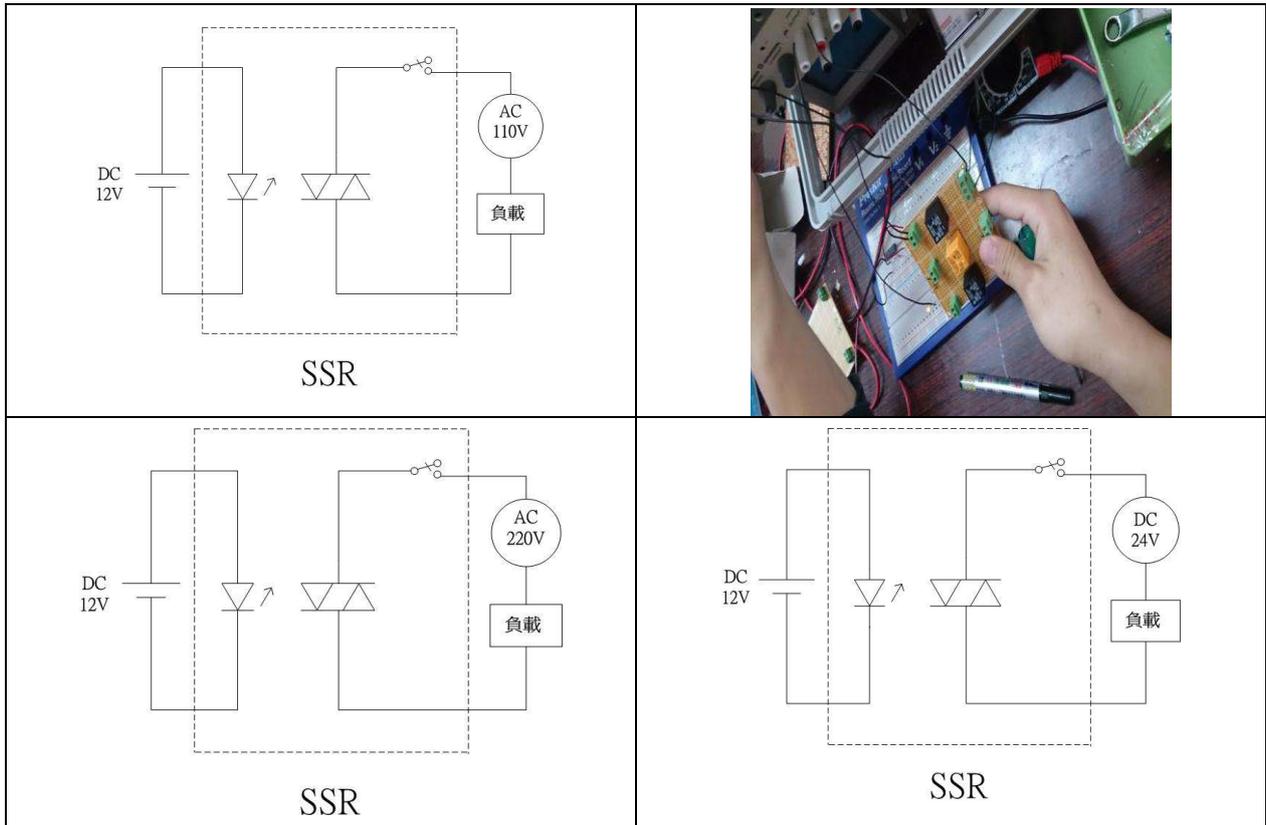


(圖 21：PLC 外部接線圖)

表 10：PLC 接點規劃

PLC 輸入接點	接點用途說明	PLC 輸出接點	接點用途說明
X0	1F 位置感測器	Y0	馬達正轉上升
X1	2F 位置感測器	Y1	馬達正轉下降
X2	3F 位置感測器	Y2	下水箱抽水馬達
X3	4F 位置感測器	Y3	下水箱加壓馬達
X4	上水箱液位感測器	Y4	上水箱抽水馬達
X5	上水箱液位感測器	Y5	電梯配重箱抽水馬達
X6	上水箱液位感測器	Y6	
X7	上水箱液位感測器	Y7	
X10	下水箱液位感測器	Y8	
X11	下水箱液位感測器	Y9	
X12	下水箱液位感測器	Y10	1F 上行指示燈
X13	下水箱液位感測器	Y11	2F 上行指示燈
		Y12	3F 上行指示燈
		Y13	2F 下行指示燈

		Y14	3F 下行指示燈
		Y15	4F 下行指示燈



(圖 22：固態繼電器的負載控制電路)

在 PLC 的輸出規畫部分，因為驅動的負載交流電 110V、交流電 220V 與直流 24V 的負載，所以我們利用了 SSR(固態繼電器)來設計驅動電路，除了可以讓控制的負載電源不直接接觸到 PLC 的輸出端點外，避免驅動負載啓動電流過大的問題外，對 PLC 的輸出端點也算是一種過載保護，另外目的是讓我們 PLC 可以驅動不同電源的負載。

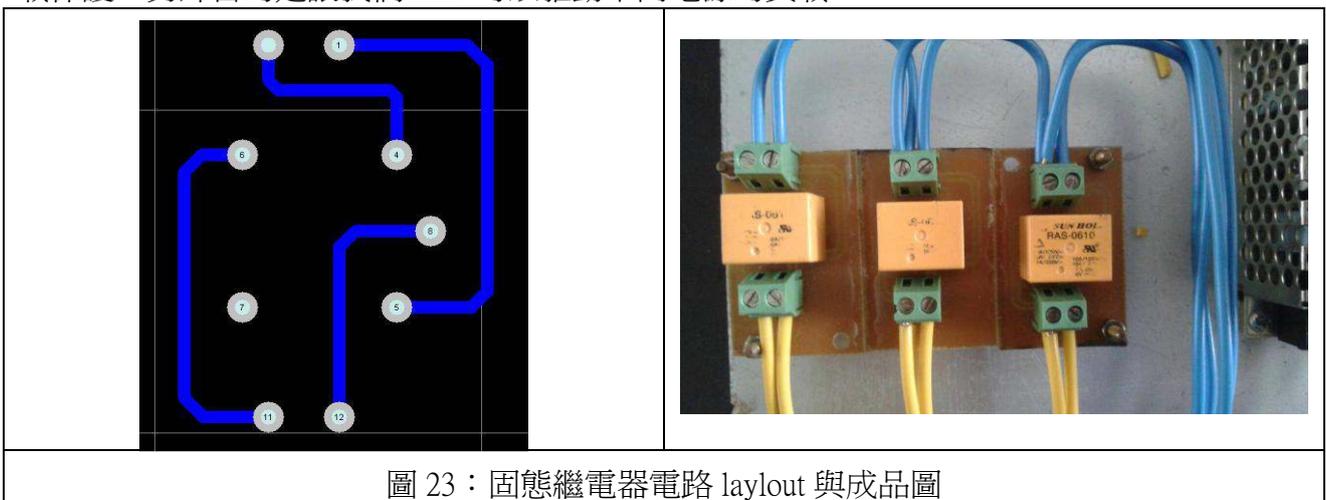
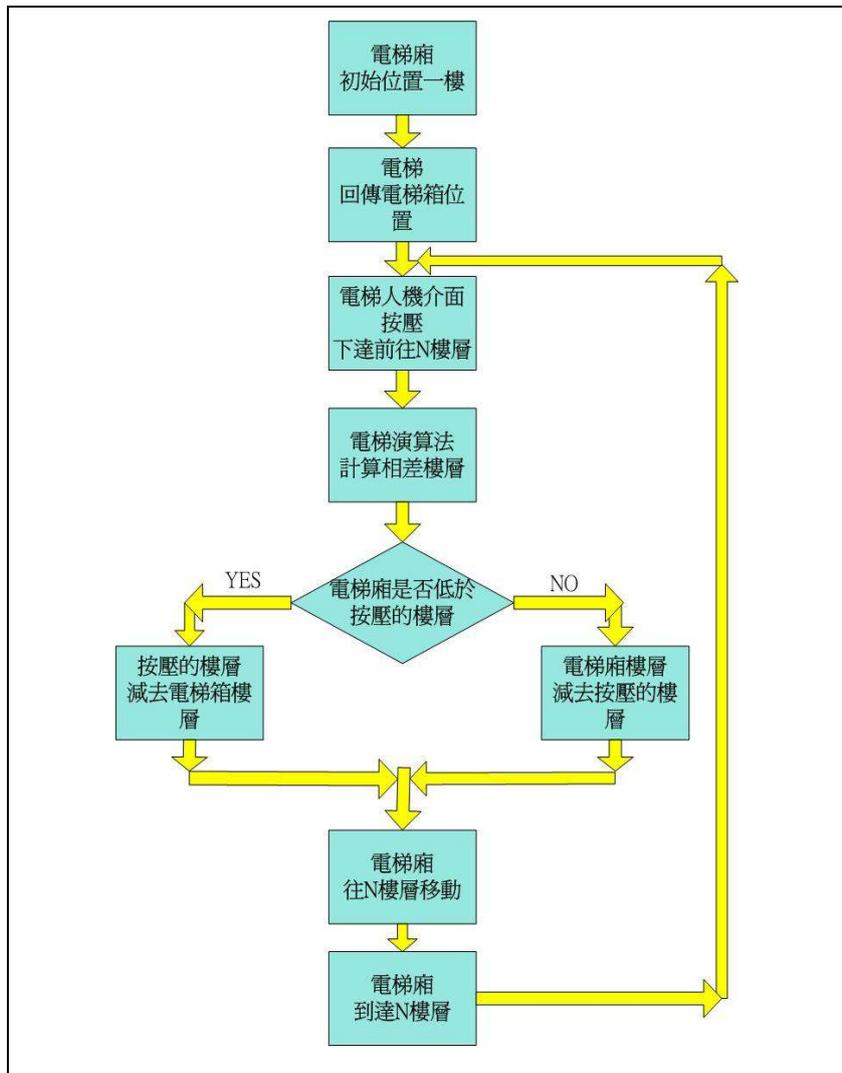
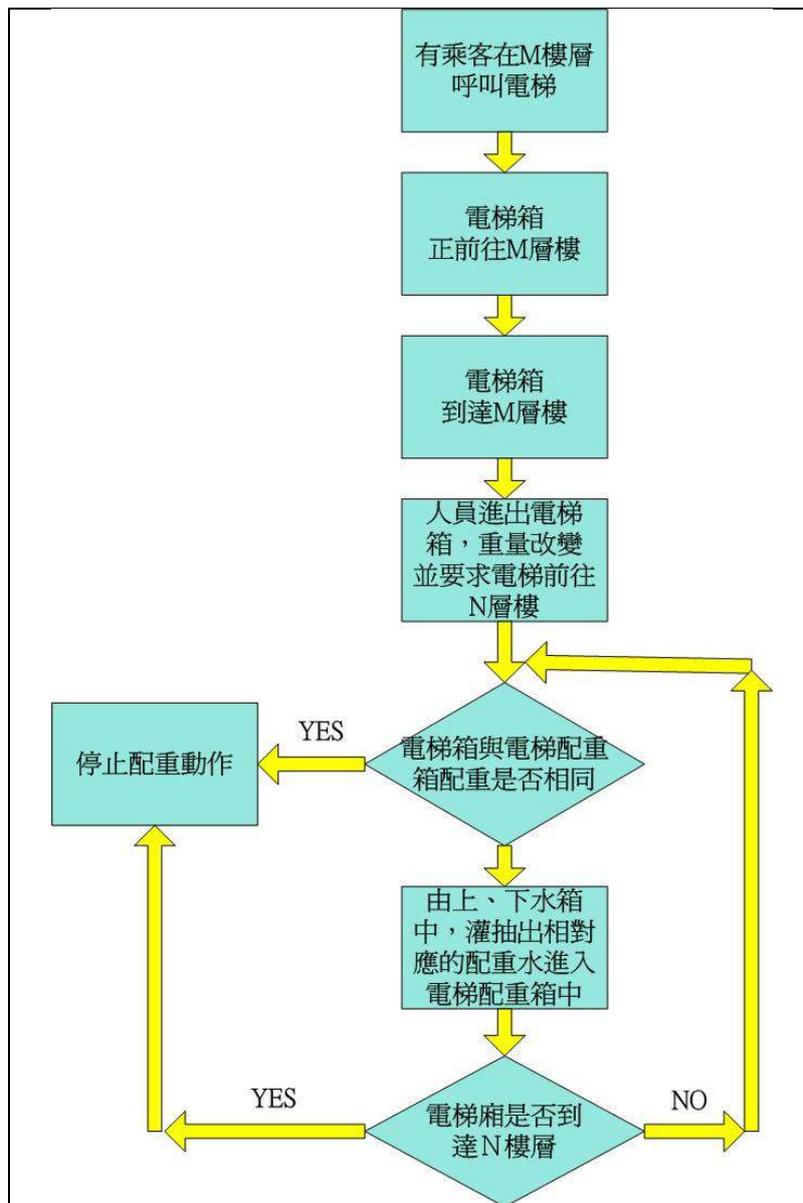


圖 23：固態繼電器電路 layout 與成品圖



(圖 24：電梯運轉流程圖)



(圖 25：配重箱配水流程圖)

2. 4A/D 模組

本科展所使用的類比轉數位模組為士林電機 AX-4AD 模組，提供 4 組類比訊號的輸入通道，而類比訊號的輸入可以為電壓或電流的訊號，因配重箱所使用的壓力感測器，我們利用電子學課程中學習到的運算放大器的電路設計，所以壓力感測器將重量轉換為電壓，所以在利用 4AD 模組時，我們皆將類比訊號的輸入設定為電壓輸入式訊號。

4AD 性能規格表

項目	電壓輸入	電流輸入
類比信號	電壓/電流的配線不同及使用主機的指令來選擇。合計4點可混合使用。	
輸入範圍	DC-10V~+10V(輸入阻抗200K Ω) 最大輸入值 $\pm 15V$	DC-20mA~+20mA(輸入阻抗250K Ω) 最大輸入值 $\pm 32mA$
數位	附正負符號16位元BIN數，有效值11位元，+2,047以上時固定為+2,047，	
輸出範圍	-2,048以下時固定為-2,048。	
解析度	5mV(10V $\times 1/2,000$)	20 μa (200mA $\times 1/1,000$)
總合精度	$\pm 1\%$ (+10V全刻度時)	$\pm 1\%$ (+20mA全刻度時)
轉換速度	一般模態：15ms \times (1~4點)、高速模態：6ms \times (1~4點)	
絕緣方式	使用光耦合器及DC/DC轉換器絕緣(各輸出端間非絕緣)	
I/O佔存點數	8點(輸入/輸出均可，即I/O總點數扣除8點)	

圖 26：4AD 性能規格表

4AD 的輸出模式

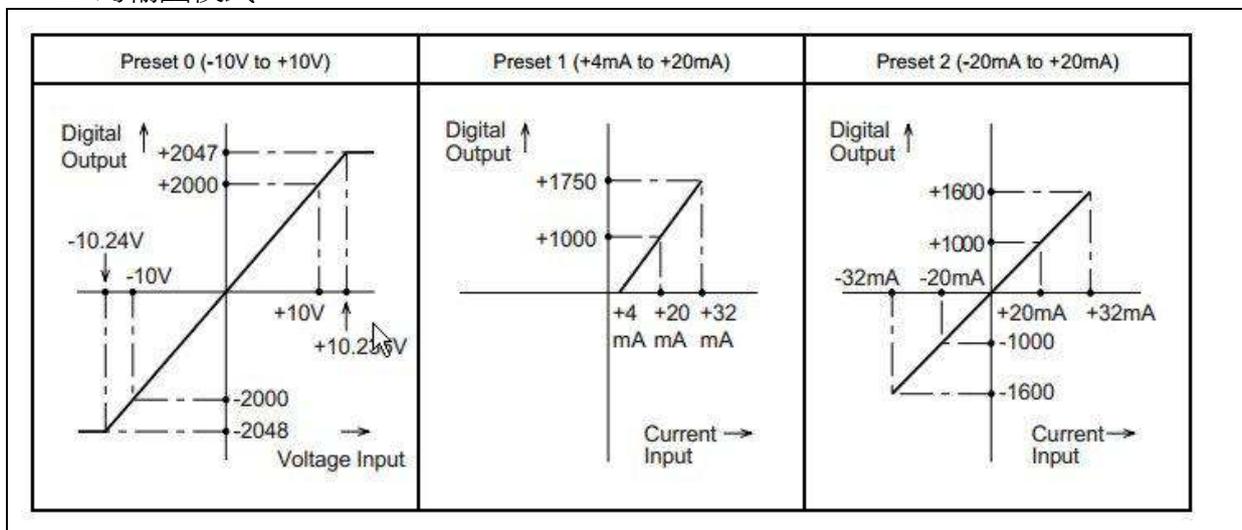


圖 27：4AD 的輸出模式

3.人機介面

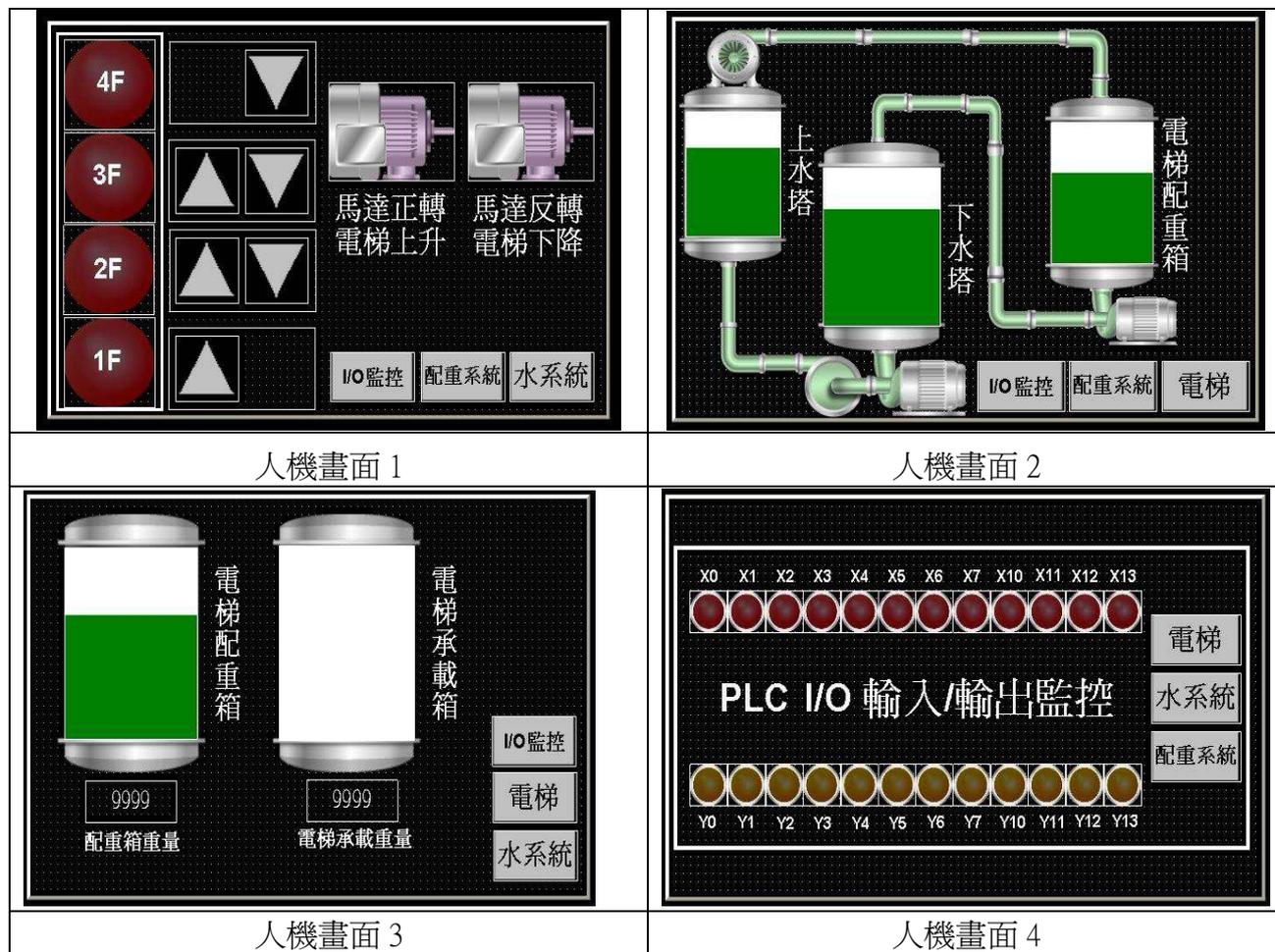
人機介面(HMI, Human Machine Interface)目前在工業上被廣泛使用，本科展的 PLC 控制系統，也以此規畫，除了可以即時監控外，也可以收集電梯的使用資訊。

在人機畫面 1 中，我們規畫了每個樓層上升與下降的呼叫按鈕，在傳統的電梯控制上，

需要在 PLC 的輸入接點端，規畫按鈕來代表每個樓層上升與下降的呼叫按鈕，但因為使

用人機介面的優點為，可以使用人機上的規畫，節省真實的呼叫按鈕，除了節省按鈕的成本外，也可以節省 PLC 的外部配線。

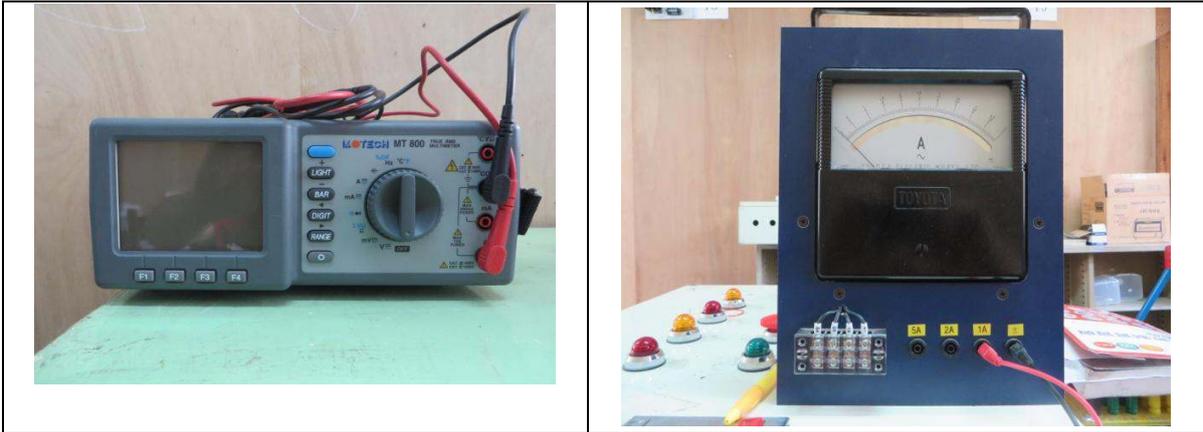
人機畫面 2 與人機畫面 3 的規劃，利用了圖型化的方式來表示監控的物件狀態，讓使用者更能視覺化的控制，讓控制更直觀。



(圖 28：人機介面畫面規劃)

陸、研究結果

本科展研發的水電梯系統著重在電梯載重箱與配重箱的配重關係，可以讓電梯的工作效率能更好。在量測感應馬達工作電流時，我們使用數位式電表(數位式電流表)與交流式電流表(類比式電流表)來量測，在實驗的過程中發現使用數位式電表(數位式電流表)量測時，因為量測值為交流電流，電流的變化量很快，會造成實驗者在觀察數據時，不易觀察且容易造成誤讀數值，於是我們想起交流式電流表(類比式電流表)，使用此電表量測的好處是，判讀的方式為類比式，電流表的數值不會有變化量快速的反應，容易讓實驗者收集數據，所以研究結果的數據以交流式電流表(類比式電流表)量測數據為準，以下是研究結果的實驗數據。



(圖 29：數位電表與交流式電流表)

表 11：測試數據

交流式電流表(類比式電流表)			
電梯載重箱	電梯配重箱	配重箱往上	配重箱往下
500g	0g	0.22A	0.23A
500g	500g	0.22A	0.22A
500g	1000g	0.225A	0.235A
500g	2000g	0.225A	0.235A
1000g	0g	0.22A	0.24A
1000g	500g	0.22A	0.235A
1000g	1000g	0.235A	0.235A
1000g	2000g	0.225A	0.235A
1500g	0g	0.23A	0.245A
1500g	500g	0.23A	0.24A
1500g	1500g	0.23A	0.23A
1500g	2000g	0.225A	0.23A
2000g	0g	0.23A	0.25A
2000g	500g	0.235A	0.24A
2000g	1000g	0.23A	0.24A
2000g	2000g	0.24A	0.24A

在交流式電流表(類比式電流表)的量測數據中，我們可以容易的發現當電梯承載箱與電梯配重箱等重時感應馬達的工作電流是相同，但是當配重箱的重量小於電梯承載箱時，配重箱要往下運動時，所消耗的電流會比往上運動時來的大，就是更消耗電能。因配重箱等時與配重不相等時，感應電動機的工作電流大約節省 0.02A~0.005A，而功率大約節省 4.4~1.1W 左右，由於真實的電梯的工作馬達會比實驗所用的馬達為更大的規格，所以節省下來的功率會更可觀，所以將過這個實驗驗證了我們研發的水電梯系統能讓感應馬達

的工作效率更好。

表 12：傳統電梯與智慧水電梯測試數據比較

傳統電梯工作時的電流數據			
配重箱	載重箱	上樓	下樓
3330g	370g	0.18A	0.24A
3330g	740g	0.18A	0.22A
3330g	1110g	0.17A	0.23A
3330g	1480g	0.19A	0.22A
3330g	1850g	0.18A	0.22A
3330g	2220g	0.18A	0.21A

智慧水電梯系統工作時的電流數據			
配重箱	載重箱	上樓	下樓
370g	370g	0.19A	0.19A
740g	740g	0.18A	0.18A
1110g	1110g	0.178A	0.178A
1480g	1480g	0.181A	0.181A
1850g	1850g	0.183A	0.183A
2220g	2220g	0.184A	0.184A

傳統電梯的配重箱為載重箱最大重量的 1.5 倍($2220g \times 1.5 = 3330g$)，傳統電梯在下樓時，因為載重箱本身不夠重所以感應馬達消耗更多的電來把配重箱拉起，相反的智慧水電梯系統的配重箱和載重箱不管是在上樓或下樓隨時都處於等重的狀態，所以電梯在上下樓所感應馬達所消耗的電流都相同，所以這個實驗驗證本科展的智慧水電梯系統可以使感應馬達的工作效率達到最好。

柒、討論

一、為什麼不要用馬達直接接上 PLC 的輸出點控制？

答：因為怕馬達的啟動電流太大，會直接燒毀 PLC 的輸出接點。因為，PLC 的輸出接點只能承受 0.05 安培的電流，單相感應馬達的啟動電流有 1~2 安培的電流。

二、為什麼 PLC 的輸出點控制抽水馬達之間要使用固態繼電器(S S R)電路？

答：因為固態繼電器可以當作個控制的橋梁，讓 PLC 的輸出接點控制較大電流的負載，且本科展控制的負載，有交流 110V 與 220V 的負載。故利用適當的電路設計，達到控制不同負載的需求。

三、爲什麼壓力感測器 FSR400 不要只使用一顆而是使用四顆來測量?

答：因爲真實在電梯內部乘客不爲只集中於電梯廂的某一點，這個時候只用一顆感測器來測量的話所測出的數值就會不準確。所以，我們採用分布式的量測方法來測量，就可以分別測出四顆的數值，再算出平均值，以提高數值的準確度。

四、爲什麼電梯要改用鏈條來帶動？

答：因爲經過了多次的嘗試和實驗，本組發現鏈條不僅堅固、耐用，而且可以承受的重量也比之前所實驗的材料大很多。

五、爲什麼壓力感測器和固態繼電器的電路板要噴防水漆？

答：因爲本科展的水電梯使用了水來當配重的調節，怕系統中循環的水，漏水出來造成電路短路發生危險，故將系統中的電子電路以防水漆來防護。

六、是否有其他感測器可以結合在科展裡？

答：有。例如：火焰感測器、地震感測器、紅外線人體感測器等。但礙於其他感測器比較昂貴，科展經費有限，故無法採用。

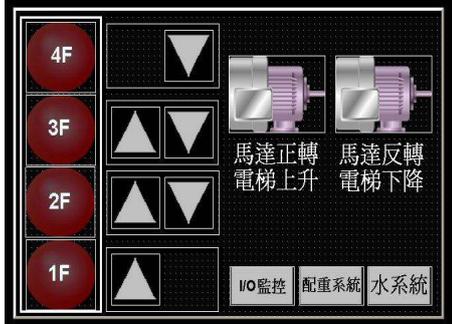
七、電梯中的單相感應電動機是否可以加入變頻器來控制？

答：可以，在研究文獻的過程中，現今較有節能的電梯，皆會使用變頻器來控制馬達，但因爲本科展的模型較小，正反轉控制頻繁，使用變頻器來控制馬達，節能的情形較不那麼明顯，所以本科展的架構中，就沒有使用變頻器來控制馬達的規畫。

捌、結論

本科展之水電梯運用壓力感測器、電梯演算法及水箱控制法，成功的完成節能電梯模擬。在此，電梯廂內鋪設之壓力感測器負責模擬一般電梯內人員負載，液位感測器則負責判斷水箱水位來達到調節配重箱的作用，電梯樓層控制採用自行推導出的演算法來操控電梯，且不失一般電梯控制法則；本科展與一般傳統電梯比較，節能電梯具有比傳統電梯更低的功率消耗，也顛覆一般傳統電梯的固定配重，能藉由外加的上下水箱，自動調節電梯廂與電梯配重箱的重量，以達到平衡，目的是讓控制電梯的馬達在不同負載時，馬達效率都能達到最節能。在大樓都市化跟平房高樓化的現今社會，未來人們對節能減碳的需求將逐步提升，因此本科展成果若能投入市場，相信其普及率會越來越大，且爲下一代打造更美好的未來，未來我們希望能將電梯的剎車動能在利用，讓電梯煞車時的能源可以在發電，達到能源最佳化，不會浪費任何能源，形成一個有效的循環。

表 13：智慧水電梯與傳統電梯比較

	傳統電梯架構	本科展電梯架構
配重方式	固定不變	能瞬間調整到平衡，透過壓力感測器，通知各抽水馬達，調整水量，使負載降至最低。
所消耗電量	因為配重不能改變，導致乘客上升時耗電，人少時下降耗電。市面上未有：負載自動平衡省能源升降機。	因為上述結果，而讓整個系統處於隨時平衡狀態，讓所耗的電都一樣。
馬達種類	 <p>永磁同步馬達</p>	 <p>單相感應馬達</p>
顯示方式	 <p>7 段顯示器、LED</p>	 <p>人機介面</p>
樓層選擇方式	 <p>按鈕</p>	 <p>人機介面</p>

玖、參考資料及其他

一、參考書籍

- 盧明智、陳政傳 (2002)。感測器原理與應用實例 (2 版)。台北市：台科大圖書。
- 張傳旺、黃福財 (2003)。工業電子學實習。台北縣：新文京。
- 盧明智、許陳鑑 (2005)。電子實習與專題製作感測器應用篇 (3 版)。台北市：全華。
- 江賢龍、周玉崑 (2006)。基礎電子實習。台北市：台科大圖書。
- 陳炳陽、賴振榮 (2009)。工業電子實習。台北市：全華。
- 陳冠良 (2015)。PLC 可程式控制實習與專題製作。台北市：台科大圖書。

二、學位論文與期刊

- 曾鴻龍 (2001)。智慧型電梯控制系統之研究與設計。國立中央大學碩士論文，桃園縣。
- 周波 (2010)。負載自動平衡之省能源電梯。私立建國科技大學期刊，彰化縣。
- 劉國華 (2011)。視窗化電梯控制系統之設計與應用。私立修平科技大學期刊，台中市。
- 殷頊 (2013)。節能電梯之設計與實現。國立中央大學碩士論文，桃園縣。
- 許耿禎 (2013)。節能環保共乘電梯設計。私立修平科技大學期刊，台中市。

三、網路資源

- 「孤單時，別搭電梯下樓」。台達電子文教基金會。
取自 http://www.delta-foundation.org.tw/editor/editor_detail.asp?fid=1&tpid=450
- 升降機。電梯資料網。取自 http://www.hkelev.com/ind_elev.htm
- 「節能減碳」電梯配重調整新發明，省電又耐用。中央社。
取自 <http://www.epochtimes.com/gb/10/4/22/n2885153.htm>
- 電梯產品介紹。崇友實業。取自 http://www.gfc.com.tw/02_01.htm
- 電梯介紹。盛大電梯企業股份有限公司。取自 <http://www.sernta.com/qa-1.html>
- 穩壓 IC LM2575 datasheet。德州儀器。取自 <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1575.pdf>
- 壓力感測器 FSR 400 datasheet。Interlinkelectronics 公司。
取自 <http://www.interlinkelectronics.com/FSR400.php>

【評語】 091012

1. 本專題透過調節傳統電梯配重箱重量，用以減少電梯電能消耗，
專題作品完整度高。
2. 建議增加完整的實驗設計與實驗結果分析，用以驗證該系統之
穩定性與實用性。並應透過完整的科學實驗設計，驗證系統的
電能消耗及節省程度。
3. 建議在簡報過程善用海報上的內容，扼要敘述專題內容與實驗
結果。