

# 節能環保共乘電梯設計

## Design of Economical Mode for Fampool Elevator Operation

許耿禎<sup>1</sup>、林助訓<sup>2</sup>、陳鴻麒、吳宗憲、謝建庭、朱康帆

Geeng-Jen Sheu<sup>1</sup>, Juh-Shinun Lin<sup>2</sup>, Hong-Qi Chen, Tsung-Hsien Wu, Jian-Ting Xie, Kang-Fan Zhu

修平科技大學電機工程系  
Department of Electrical Engineering  
Hsiuping University of Science and Technology

<sup>1</sup>E-mail : gjsheu@yahoo.com.tw

<sup>2</sup>E-mail : jackie@hust.edu.tw

### 摘要

根據企業辦公大樓之用電調查研究顯示，電梯用電佔總用電量的 17%，僅次於冷氣空調用電量，但遠高於照明、供水等用電量，本論文觀察本校教學大樓的消費者使用習慣，發現即使電梯內只有 1 位乘客，但他卻不等其他人，逕自關電梯門獨自上樓，完全沒有「共乘」概念及生活習慣，如果電梯一次可以乘載更多人，將可以減少不必要的來回運載，大大提升電梯的節能效率。

電梯內部若能設定需達到預設的重量值才能啟動，就能鼓勵大家多等待 1 分鐘，直到該部電梯搭載重量達到設定啟動值，有效減少不必要的「空載或低負載」搭乘情況，在目前「電費高漲」及「節能減碳」的趨勢中，建立「Just Wait! Get Weight! Green Way! (3 Ways!)」良好共乘理念及搭乘行為，以達到環保節能效益之創新發明。

**關鍵字詞：**節能環保模式、共乘電梯、耗電量、環保行為、節能效率

### Abstract

“Using the elevator in a wrong way caused the power consumption of elevator in the second order of the total power consuming in a building” is the practical case to be investigated in the paper. The wrong notion among the population is that the empty or low loading elevator consuming less power, and more the passengers, more the consumed power. This deep-rooted wrong thought and behavior induced the incorrect notion of no power consuming for one person or less to take the elevator. However, the wrong concept has caused more huge energy waste. The goal of the paper is to correct the deep-rooted wrong notion and bring up the correct behavior. The predict results are to reduce energy waste massively, reach the goal of energy saving and emission reduction, and promote the health of population indirectly as well.

**Keywords:** economical mode, fampool elevator, power consumption, green way, energy saving

### 1. 前言

根據 2008 年大陸學者沈鴻等人針對飯店及企業辦公大樓之用電調查研究顯示，電梯用電佔總用電量的 17%，僅次於冷氣空調用電量，但遠高於照明、供水等用電量([1])。以全中國的電梯為例，光是一年就要花掉三

百億度的電，約等同於八座台灣林口發電廠一年的發電量。這些花費的電量，背後亦代表著二氧化碳之排放量。這些花費的電量，背後也代表著一千八百多萬噸的二氧化碳。若以樹木一生約吸收一噸的二氧化碳來估

算，每年得多種一千八百多萬棵樹，才能吸收中國電梯所產生的二氧化碳。

根據台達電的機電工程師以及大同 OTIS 電梯公司維修人員，針對台達電內湖總部企業大樓電梯所作的耗電量實測，發現一個人搭電梯下樓的耗電量，竟是一個人搭電梯上樓的 107 倍([2])!也就是說，單獨一個人搭電梯下樓是非常耗能的，在排放 0.637 公斤二氧化碳才能產生一度電的台灣，孤單地搭電梯下樓，是既會讓公司多花電費，又會間接促使地球溫室效應的不智之舉。

## 2.1 創作動機

為什麼一個人搭電梯下樓，會比一個人搭電梯上樓還耗電呢?依大同 OTIS 電梯公司維修人員說法，在一般大樓的電梯系統裡(請參閱圖 1)，會有一個類似鉛垂的配重塊設置於電梯系統另一側內，以維持電梯系統兩側重量的平衡；一般而言，配重塊本身設計值會比未載人情況的電梯車廂重，而配重塊重量的選定值大約為其電梯最大滿載重量或總限制人數的「50%」之間，其目的在於電梯系統兩側重量僅可能隨時保持平衡。

有一個人搭電梯下樓時，因為電梯車廂本身比配重塊輕，牽引馬達就得啟動把配重塊給拉起，當然就會消耗較多的電，若依此邏輯推算，如果在下樓時電梯車廂是滿載的話，其實是可利用電梯車廂本身的重力下降，所耗的電力也會比一個人時少得多。換言之，當愈多人同時搭電梯下樓，電梯運作就愈省電。相反地，當一個人搭電梯從一樓上樓時，由於此時配重塊比電梯車廂重，因此只要靠著其配重塊本身重力及滾輪機構，就能把電梯給升上去。

本論文分析因電梯系統要同時考慮上、下樓層的運轉狀態，電梯系統較佳省電模式係儘量維持電梯車廂及配重塊兩側的重量平衡，而配重塊重量的選定值約為其電梯最大滿載重量或總限制人數的「50%」之間，所以其較佳省電模式的電梯運載重量應該為其電梯最大滿載重量或總限制人數的「50%」之間，若配重塊與電梯車廂載重本身能達到重量平衡，不管針對上、下樓層，皆不需消耗太多電能，就能進行電梯節能控制運轉。

此外，相信許多人都有類似等電梯經驗，明明電梯內只有 1 個人，但他卻不願意等其他人，逕自關電梯門獨自上樓，完全沒有「共乘」概念及良好生活習慣，如果電梯一次可以乘載更多人，將可以減少不必要的來回運載，大大提升電梯的節能效率。因針對一般常見額定速度不變的電梯而言，若電梯只搭載 1 個人的低負載情況，電梯依舊按照原先額定的速度輸出，但此時所需實際功率小於額定的功率，這就導致部分功率被閒置。因此，針對電梯車廂空載或低負載上、下樓層時，會產生許多額外能量浪費，若不能善加處理運用，就會浪費許多電能。

針對企業辦公大樓或大專院校教學大學，其電梯使用頻率更比一般住宅大樓高，尤其在上、下班或上、下課時段，其等候搭乘電梯的乘客眾多，若電梯每次都可以避免「空載或低負載」運轉，將比較省電。因此電梯內部若能設定需達到預設的重量值或人數值才能啟動，就能鼓勵大家多等待 1 分鐘，讓該部電梯搭載人數值或重量值達到啟動值，有效減少不必要的「空載或低負載」搭乘情況，在目前「電費高漲」及「節能減碳」的趨勢中，將可達到相當的節能成效。

此外，政府亦鼓勵宣導鼓勵民眾於上、下 3 層樓內以步行代替，以減少短程使用電梯，以減少電梯使用率及節省耗能，但此宣導資料成效似乎不彰，因大多數的乘客若看到眼前恰好停一部電梯，即使只有他自己 1 個人搭乘上、下 3 層樓內，他也會因方便而選擇搭電梯，並不會選擇爬樓梯。但如果電梯系統內部設定需達預設的重量值或人數值才能啟動，那麼針對短程使用電梯的乘客而言，若他無法再等待其他「共乘」的乘客，就能間接鼓勵他選擇爬樓梯上、下樓。爬樓梯除了可節能減碳，爬樓梯也有其他無形的好處，根據衛生署所發佈的資料，每天爬五分鐘的樓梯，一年可以減去五公斤，爬十分鐘樓梯，就等同於消耗了二百五十卡的熱量，亦間接促進乘客身體健康。

## 2.2 文獻回顧

針對目前的電梯運轉須知技術而言，一般有針對電梯使用安全考慮而予以限重警示，如某電梯限重 700 公斤負載，一般而言約可搭載 10 人(若以 1 人平均體重 70 公斤計算)，那麼若該電梯若搭載 11 人導致超重而響起警報聲，則第 11 人必須放棄搭乘，否則電梯將不會運轉而停滯在該樓層；上述係採「太重則不動」安全設計概念，然而本論文是採「太輕則不動」的節能環保設計概念，功能目的完全不同。

再者，如前述所言，一般的電梯大多用鋼索將電梯車廂懸掛在電梯井頂部機房的曳引輪上(請參閱圖 1)，鋼索另一側則懸掛平衡用的配重塊，當電梯車廂移動時，配重塊就會朝反方向移動以保持平衡。然而由於每一次乘客數量無法確定，電梯車廂的總載重與另一側配重塊，並非隨時保持在重量的平衡比例，因此產生的阻力而增加曳引輪的負載，易增加耗電量及磨損曳引輪等零件。針對此問題，建國科技大學工程學院教授周波設計的配重塊調整系統([3])，就是在電梯車廂及配重塊兩側加裝重量感測器及蓄水箱，當乘客進入電梯車廂讓總載重量增加時，抽水幫浦就會把液態物自電梯車廂側蓄水箱抽到配重塊側的蓄水箱內；當乘客離開電梯車廂時，則配重塊的液態物也會被抽到電梯車廂側的蓄水箱內，以維持兩側重量平衡。但針對一般電梯結構而言，該技術除了必須於各樓層加裝蓄水箱及抽水幫浦等設備外，其幫浦系統必須隨時準備將液態物自配重塊側至電梯車廂側兩者間來回抽送，針對高樓層而言，其液態物輸送過程中亦會造成額外的能量損失及回流等待時間，造成乘客久候抱怨；況且此技術還是無法避免電梯不必要的「1 人低負載」搭乘情況。

在電梯文獻研究中，發現大多數著重電梯系統設計改良，以提升電梯運行效率並進而達到節省耗能的效果，但對於乘客搭乘電梯的不必要浪費行為(如僅 1 個人搭乘 1 部電梯)，一般則較少探討，或僅透過宣導鼓勵民眾於上、下 3 層樓內以步行代替，以減少電梯短程使用及節省耗能，但此宣導係屬消極較無約束行為的措施。本論文係針對乘客

搭乘電梯不必要的浪費行為進行研析，並配合電梯「太輕則不動」的節能環保設計概念，進行是否運行控制；宣導「多等 1 分鐘、可減少不必要的浪費」的共乘理念，否則乘客必須自行爬樓梯上、下樓，相對於前述消極無約束行為，本論文設計概念係屬積極強制措施，倡導「Just Wait! Get Weight! Green Way! (3 Ways)」的良好共乘習慣，除可有效達到節能效果外，亦可減少乘客抱怨。

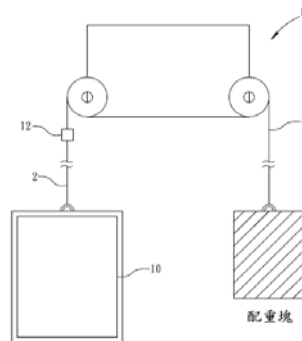


圖 1 一般電梯系統的示意圖

### 3 設計原理

本論文係提供一種環保節能電梯控制裝置及其方法，主要目的在由一位於電梯內部設置之重量感知器及一電性連結該重量感知器之微控制器(HT46F49E)，利用微控制器內建 ADC 功能，並預設一重量啟動值([4])，在感知電梯總承載重量是否大於或小於該預設重量啟動值時，可以選擇性地操控該電梯是否產生上升或下降動作，或靜止不動，以達到節能省電之預期效益。換言之，為達到上述目的，本論文首創一種環保節能電梯控制裝置及其方法，係包括：

一壓電薄膜重量感知器，設置在電梯車廂底部預定位置，具有能感知承載重量，並且能向外發出重量訊號；微控制器(HT46F49E)能接收來自上述重量感知器所傳送出之重量值訊號，且在該微控制器(HT46F49E)內預設有一重量啟動值([5])，及運算該重量訊號值是否大於或小於預設之重量啟動值，俾能向電梯之啟動裝置發出訊號，圖 2 顯示本設計概念作動流程示意圖。

如前述內容，電梯系統較佳省電模式係儘量維持電梯車廂及配重塊兩側的重量平衡，而配重塊重量的選定值約為其電梯最大滿載重量或總限制人數的「50%」，故預設重量啟動值的設定就可參考此數據，例如若該電梯限重為 700 公斤負載或限載 10 人，則預設重量或人數啟動值就可設定為至少 350 公斤負載(至少共乘約 5 人以上)，如此該電梯才會啟動。

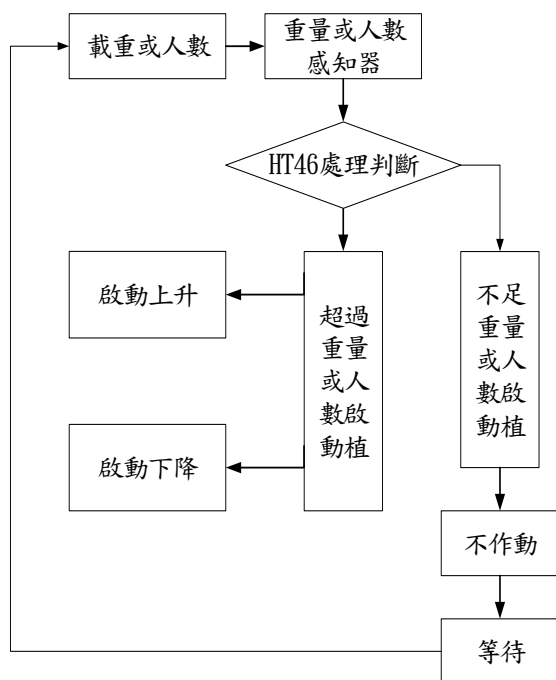


圖 2 本設計概念作動流程示意圖

上述重量值之「受力感知器」為減少電梯裝置空間的改變及不佔空間，本論文係採用薄膜式重量感測元件(film type sensor)，並選擇具有與重量成線性特性之壓電式薄膜感測元件(piezo-electric film sensor)所組成。

藉上述各元件之組合，當電梯承載重量值大於該預設重量啟動值時，該電梯便藉由上述微控制器(HT46F49E)送出電梯可上升訊號給電梯驅動器，操控該電梯產生上升運送動作([6])。

至於，當電梯承載重量值小於該預設重量或人數啟動值時，該電梯便藉由上述微控制器(HT46F49E)送出電梯不可上升訊號給電梯驅動器，操控該電梯呈現靜止不動狀態，

必須再等待其他共乘的乘客或物品，以達到充分節能省電之預期經濟效益。

一般辦公大樓之電梯使用狀態有其規律可循，一般可區分為上班時段之上升尖峰、下班時段之下行尖峰、中午用餐之雙向尖峰、一般時段之雙向交通及夜晚至清晨之閒置時段，本論文可以針對特殊尖峰時段或某些特定熱門樓層(如 1 樓、頂樓或經常有人潮出入頻繁的樓層)，彈性進行相關電梯承載最低重量管制，採用「太輕則不動」的環保節能措施，至於離峰閒置時段或非特定樓層，因短時間內無法達到「共乘」的需求人數，則可以彈性取消此限重節能措施，改為一般電梯使用，避免造成乘客抱怨。

#### 4 實體驗證

本技術若對某企業大樓的 1F 電梯，在上班時段之上升尖峰時段，其該樓層上行重量或人數啟動值被設定為至少 350 公斤負載或至少共乘 5 人，若當時搭乘的乘客只有 1 人，則電梯處於中止運作之待命狀態，唯此待命狀態並不影響電梯 1F 之出入口啟閉操作，則他必須再等待至少其他四位「共乘」的乘客，電梯才會啟動上升；若他無法再等待其他「共乘」的乘客，他必須選擇爬樓梯上樓，如此可使電梯能確實達到充分節能省電之預期經濟效益。

至於實體驗證方面，本論文首先製作一部五樓迷你電梯，如圖 3 所示為本論文系統方塊圖，模擬當在百貨公司、商業大樓或飯店大樓變身為環保電梯時，則其在一樓時，當電梯承載重量感知器，當感知電梯總承載重量到達 350 公斤負載時，才能操控該電梯產生上升，此承載重量感知訊號轉會為電性訊號傳送至微控制器(HT46F49E)之類比輸入，再透過微控制器內建 ADC 轉換功能([7])，經處理運算發出信號給驅動環保電梯驅動馬達，使環保電梯啟動。

圖 4 為本論文五樓迷你電梯裝置實體圖，配置有各層樓電梯門外之上下樓按鈕，配有燈號顯示，以記憶並顯示那一層樓按鈕被按下，電梯車廂內欲往那一層樓層樓按鈕，同樣配有燈號顯示，以記憶並顯示欲到達那一層樓按鈕被按下，電梯上升或下降時，利

用七段式顯示器顯示電梯目前樓層位置，另外配置過重警報器，超過重量設定值則發出警報器以示過重，須減少人員搭乘。

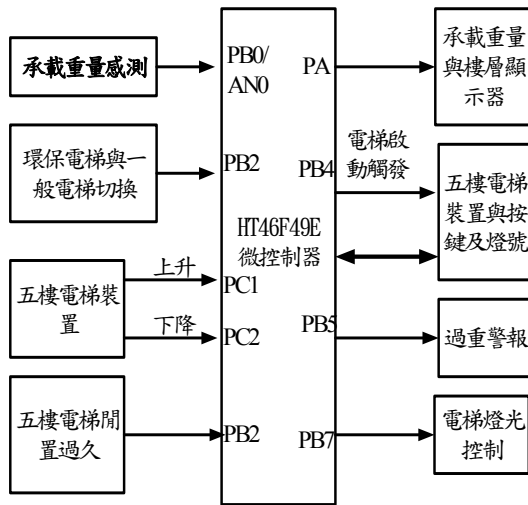


圖 3 本論文系統方塊圖

本論文之薄膜式重量感測元件，這是一個壓電式力量傳感器。當受力值上升，降低傳感器的電阻，從無限到~30萬。圖 5 至圖 7 所示為本論文之薄膜式重量感測裝置與電路，利用分壓方法將重量訊號傳送至微控器之類比輸入(PB0/AN0)，圖 8 所示為本論文自製薄膜式重量感測裝置，利用兩薄板，一片貼上薄膜式重量感測器，一薄板中間貼上圓型接觸子，剛好壓至薄膜受力區域，再將兩薄板中間撐開裝上適當高度彈簧，調整至重量顯示器顯示為無載重量值。

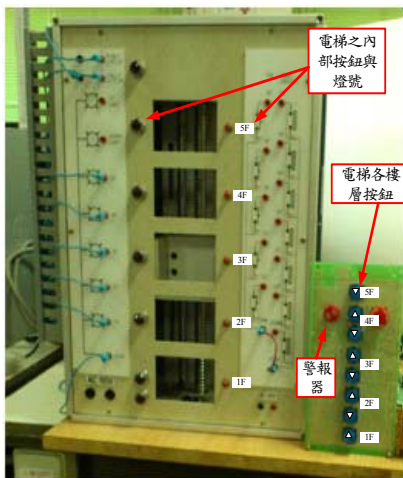


圖 4 本論文五樓迷你電梯裝置實體圖

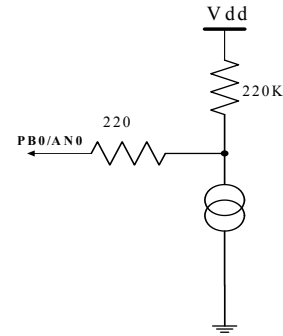


圖 5 薄膜式重量感測元件電路

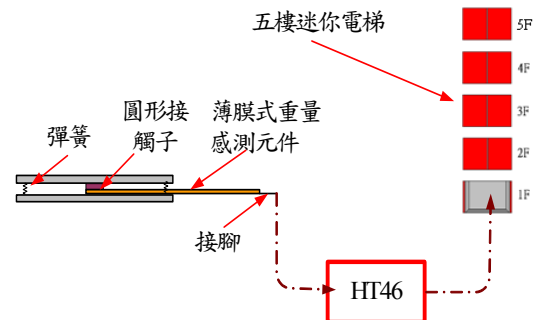


圖 6 薄膜式重量感知器側視圖

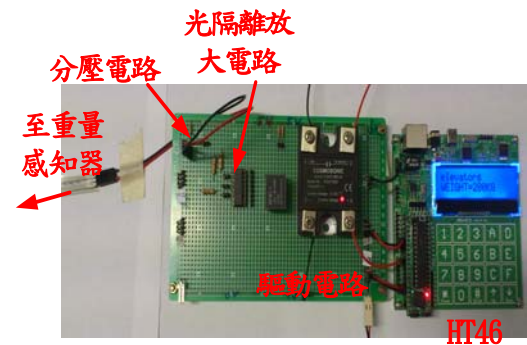


圖 7 小訊號放大電路實體圖

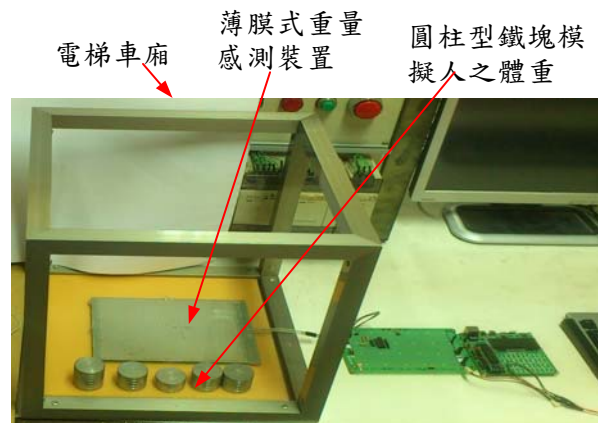


圖 8 電梯車廂內薄膜式重量感測裝置



## 5. 節能效果模擬分析

依據文獻資料([1])，該文獻長時間針對工研院 A51 館四、五、六號電梯，透過統計資料及實證分析其「平常日」及「例假日」的用電量，一共分析 345,600 筆電力資料，發現乘客搭乘電梯每次一趟平均耗電量約為 0.014 至 0.018kwh。若將此資料運用在本校行政大樓電梯上，因 4 至 6 樓配置為全校所有電腦實習教室、國際會議廳研習會場及通識中心行政單位辦公場所，平均每天上課學生加上行政人員約有 600 人次當電梯上、下樓梯，依據上述統計平均資料，假設每人每次每趟平均用電量約為 0.015kwh，若採取傳統一般電梯「1 人負載」搭乘習慣，則運載 10 人次所需耗電量為 0.15kwh；反之，若採取本論文「環保節能」共乘技術，一次至少共乘 5 人，其耗電量約為 0.02kwh，則運載 5 人次所需耗電量為 0.02kwh。

假設電梯一年使用狀況約為運轉 300 天，電費假設每度 3 元，其相對節能效率比較如表 1 所示，則本論文所提出共乘式環保節能電梯一年所消耗用電量，將至少比一般傳統電梯控制可節省 2,160 度，用電成本至少節省約新台幣 5,940 元，若能考慮大樓整體多部環保節能電梯同時運作，當可獲得更大的節能效益。

表 1 本環保電梯及一般電梯節能效果比較

	一般電梯情況	環保電梯(共乘)情況
每天搭乘總人次(人)	600	600
每年運轉總天數(天)	300	300
<b>每年總耗電量 (Kwh)</b>	<b>2700</b>	<b>540(減少 80%)</b>
每度電費單價 (元)	3	3
每年耗電總費用(元)	8100	2160
<b>每年節能模擬成果(元)</b>		<b>節省 5940</b>

## 6. 結論

(1)針對目前的電梯運轉技術而言，一般有針對電梯使用安全考慮而予以限重安全警示，但係採「太重則不動」安全設計概念，然而

本論文是採「太輕則不動」的節能環保設計概念，功能目的完全不同。

(2)因電梯系統要同時考慮上、下樓層的運轉狀態，本論文分析電梯系統較佳省電模式係儘量維持電梯車廂及配重塊兩側的重量平衡，而配重塊重量的設定值約為其電梯最大滿載重量或總限制人數的「50%」，所以其較佳省電模式的電梯運載重量應該為其電梯最大滿載重量或總限制人數的「50%」，此時配重塊與電梯車廂載重本身能達到重量平衡，不管針對上、下樓層，皆不需消耗太多電能，就能進行電梯較佳節能控制運轉。

(3)本技術係針對乘客搭乘電梯不必要的浪費行為進行研析，並創新性提出電梯「太輕則不動」的節能環保設計概念，根據所運載的重量值是否已達啟動值，來進行是否上、下樓層運行控制；宣導「多等 1 分鐘、可減少不必要的浪費」的良好共乘理念及乘客搭乘行為，否則乘客必須自行爬樓梯上、下樓，相對於傳統宣導係屬消極毫無約束行為，本設計概念係屬積極強制措施，倡導「Just Wait! Get Weight! Green Way! (3 Ways)」的良好共乘習慣及搭乘行為，除可有效達到節能效果外，亦可減少乘客抱怨。

## 7. 參考文獻

- 1.鄭惠芬，“電梯電力分析與乘客搭乘行為之研究”，國立中央大學環境工程研究所碩士在職專班論文，2009
- 2.《遠見》雜誌專文報導，“2010 台灣環境英雄-張楊乾，抗暖化前線的記者”，2010
- 3.台灣頻道，新浪網新聞，“電梯配重調整新發明，省電又耐用”，2010/04/22
- 4.林振漢，“8051 單晶片實作-使用 C 語言”，台北：博碩文化，2005
- 5.Holtek\_Semiconductor\_Inc.,“HT46F46E/HT46 F47E/HT46F48E/HT46F49E”，DataSheet, 2008
- 6.鍾啟仁，“HT46 微控制器理論與實務寶典”，台北：全華科技，2006
- 7.吳一農，“Holtek 單晶片微電腦實務應用”，台北：全華圖書公司，2005