

15. 負載自動平衡之省能源電梯

周波 助理教授、詹福賜 助理教授
建國科技大學 機械工程系、自動化工程系

摘要

本創新構想已取得發明專利（第I 306828號），即為利用一個可以正反轉的幫浦，藉由重力感測器的判斷，將配重水源流到荷重較輕的一方。當升降機向上加速移動時，配重水源會流向荷重較輕的配重側加以平衡，而當升降機向下移動時，因車箱側荷重變輕，則需補充配重水，使兩側（配重側與車箱側）達重力平衡狀態，當兩側隨時保持重力平衡時，即可減輕升降機主機的負荷，而達到節省能源的效果，以解決目前升降機所固有的變動配重等問題。

關鍵詞：升降機，配重，自動平衡

1.前言

全球能源枯竭已迫在眉睫，如今世界各國都在發展新能源政策，同時全面展開節能減碳，思考如何在既有的現況與資源下，結合科技對節能效益做進一步發展。因此，「改善能源結構」、「提升能源效率與降低二氧化碳排放量」，都是極具潛力與發展性的產業，也是未來創造新商機與新契機的重要趨勢。本單元之研製重點為節能機構相關之實用性設計，其構想亦經原型試作效果良好，並已透過行政院國家科學委員會，应用型產學合作研究計畫、產學合作案之經費獎助，朝實用化、商品化之境界研發。

2.研究目的

升降機動力主機由變頻感應馬達、煞車、減速機及鋼索槽輪組成，直接影響升降機運行平穩度的關鍵是鋼索槽輪的轉動穩定度及轉動精度，其中變頻感應馬達的轉動特性必須充分把握，還有煞車釋放時機也是因素之一，多數升降機製造廠商係購入升降機總成，但其性能並不是非常穩定。立穩企業股份有限公司，去年曾以『變頻感應馬達於負載條件下的轉動特性測試機的研製』與本校進行產學合作，已經完成了一台體積小而可測試各種負載下升降機的特性，藉以調整電梯主機的設定值，使之達到最佳化的運轉狀況。

升降機係由導軌、乘客車廂、配重塊、鋼索及鋼索槽輪及動力主機所組成，動力主機主要的負荷含配重塊、乘客、鋼索、車廂重量及運動力等。其中，配重塊功能為減低動力主機負荷的物件，其總重量約為車廂與最大乘客量一半的和，換言之，乘客車廂空載向下移動時，動力主機所需耗費的能量最大，而乘客重量達滿載的一半時，主機負荷為最小。其次，配重塊與乘客車廂之間有數條粗重的鋼索，其長度亦大於升降機的行程，藉由動力主機的鋼索槽輪使乘客車廂移動，當乘客車廂

上移至頂樓時，鋼索重量全數移到配重側，乘客車廂下移到底樓時，鋼索重量即全數移至乘客側，亦即動力主機的負荷，隨著車廂的上下移動而鋼索重量會從乘客端與配重端來回變動，與乘客數都成為繁雜的變動負荷。再者，欲使靜止的配重塊端與乘客側重量產生運動，也是動力主機主要的負荷之一。

目前，所有升降機之設計均無法有效解決此種繁雜的變動負荷，現有部份升降機業者，利用與鋼索等重的配重鏈條，懸掛於鋼索的另一側，使配重塊、鋼索、車廂，鏈條形成封閉形狀，隨著升降機上下移動，則可消除鋼索的變動負荷，此設計必須耗費與鋼索同重量的鏈條，同時增加了許多運動力負荷，效益不彰。

3.文獻探討

變頻感應馬達電梯主機係由變頻感應馬達、電磁式煞車、減速機及輸出鋼索輪所組成其外型如圖1所示，傳統的電梯主機檢測約含下列各項目：即蝸桿軸心間隙（軸向與徑向）、蝸桿同心度、槽輪軸向間隙、槽輪軸同心度、煞車輪同心度、齒隙、振動、振幅、槽輪溝槽偏心率、煞車接觸面積、煞車線圈阻抗、煞車溫升、煞車扭力等，雖然各檢驗項目都會影響電梯主機的性能，但其組合特性完全無法以這些測量結果予以預測。例如：煞車釋放時機、馬達轉動狀況、各組件的組合狀況等完全無法預知。因此，變頻感應馬達電梯主機必須有一套配合電梯運行條件的檢測機具及各種檢測數據[1]。

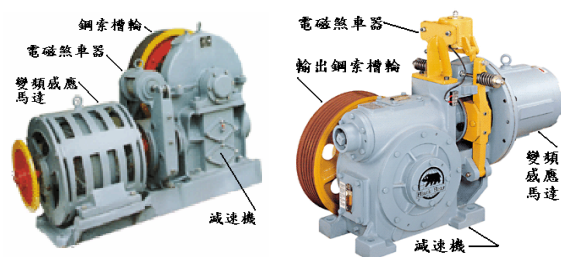


圖1 電梯主機的外型圖

傳統變頻感應馬達電梯主機運轉性能的一般測試法如圖2所示，為使電梯主機以各種速度運轉，其震動量以兩個無線傳輸資料的震動感測器，傳至接收及增幅器並加以處理，以震幅的大小評估其良否[2]。

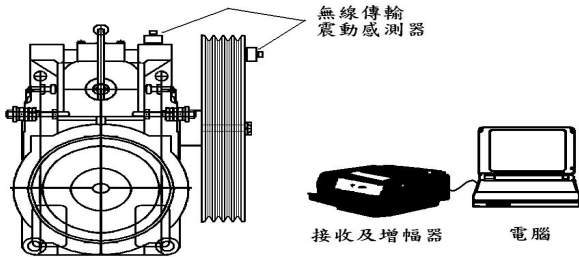


圖2 傳統電梯主機於負荷下的特性測試法

一般曳引式電梯結構大多以數條鋼索，把車廂懸掛於電梯井頂部機房的曳引輪上，鋼索之另一端並懸掛作平衡的配重側，配重側約為車廂側加上50%負載時的重量，當車廂移動時，配重側會向反方向移動，曳引輪是依靠鋼索的粗糙表面及引輪上坑紋之間的摩擦力來拉動車廂側，較新穎及快速電梯一般會採用無齒輪帶動（無機房電梯）；當乘客進入車廂內時，所增加之重量則會與配重側不成比例，造成加速度無法平衡外，致使電梯之負載無法確實保持於平衡狀態下，而產生阻力增加曳引輪的負載，進而增加耗電量及曳引輪之耗損，故為保持電梯負載之平衡，則須以吊鍊垂掛在車廂側與配重側之下方，不但增加成本且不符經濟效益，使用上亦無法與電梯車廂內之乘客數量及重量隨時保持負載之平衡如圖3所示。

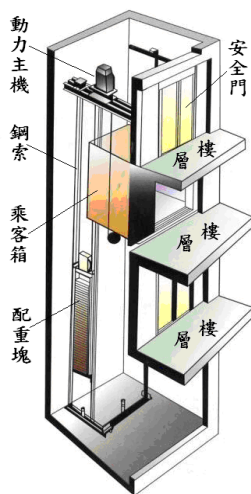


圖3 傳統鋼索式電梯的結構示意圖

- (1) 到目前為止，市面上尚未有『負載自動平衡省能源升降機』商品出現。
- (2) 負載自動平衡系統隨時監控其不平衡量，並隨時予以調校，即所謂線上調教。國內有利用液態物體做為配重質量的例子[3]-[5]。
- (3) 國內升降機製造業者，大多以增加動力主機馬力來提升安全性及其壽命，本研究利用自動平衡系統可使動力主機負載減至最低，預期將是升降機及電梯業者的一大設計突破。

4. 研究方法

本計劃創作內容係利用機構動力節省能源，達成負載自動平衡省能源電梯研製之目的，首先以軟體的方式

確定機構動作及零件形狀的可行性，訂定各零件的材質與大小、打水幫浦及速度控制器等各零件的最小規格，以選定最適合的動作需求，進行機構的設計；機械零件以3D電腦繪圖進行設計，零件製作方面盡量自行加工。

- (1) 設計規劃：需借助機械設計與數位電子的基本知識，根據上述條件訂定各零件的材質與大小，打水幫浦及速度控制器等各零件的最小規格，因參與人員為學校學生及公司員工，學員或員工皆有練習設計、資料收集與材料的選定與基礎力學應用的機會。
- (2) 概念設計：根據已知的所有資料及基本構想繪製概念圖，經討論確定後進行下一進度。
- (3) 初步設計：收集符合概念設計的現有零件目錄，繪圖並確定其尺寸，必要時需購入測試其實際功能，利用AutoCAD繪製零件圖，組立圖並利用UG繪製立體圖及動畫模擬等，電子零件及電子迴路的方塊圖、線路圖、材料表等，於此階段必須底定。
- (4) 細部設計：各零件均依照初步設計書製作並組裝，測試其功能，檢討並修正設計之後，編寫細部設計書，可供專業技術人員按圖施工。
- (5) 製作與測試：根據細部設計書發包或委外加工，零件驗收、組裝之後進行動態的測試，組裝測試時若發現問題，應檢討設計書並做適當的修正，以確保其應有的機能。從測試中檢討檢測因子的實用性，檢討缺失並改良設計作為第二代『負載自動平衡省能源電梯』設計的參考。

5. 結果與討論

本創新發明針對上述問題設計了一套機動性的配重調整系統，當乘客側與配重側的荷重產生不平衡時，即刻進行配重調整，亦即在乘客側與配重側均設置重量感測器及蓄水幫浦，兩蓄水幫浦都設有打水幫浦，當乘客側較重時則將乘客端的水會抽送到配重側水箱，當配重側較重時則將配重側的水也會抽送到乘客側水箱。再者，當乘客側向上從靜止開始運動時，也會即時進行配重調整，亦即當乘客進入車廂內，測力計即可感測到車廂之重量有所改變而變重，當配重裝置的重量超過設定之最佳平衡狀態時，即會將訊息傳達至幫浦，而將封閉空間水箱內之液態物，輸送至配重裝置封閉空間之水箱內，至兩測力計感測的重量呈所設定之最佳平衡狀態時，幫浦即停止作動，當車廂內之乘客離去而使車廂之重量變輕時，幫浦即會隨兩測力計之感測，而將配重裝置內之液態物，往車廂之封閉空間內輸送，促使該電梯之負載，可隨時依乘客之數量及重量，達到自動平衡無阻力之效益，以減輕動力主機曳引輪之負擔及耗損，而達省能源及平衡加速度之目的，如圖4與圖5所示。

5.1 產業需求性

本研究發明了一種負載自動平衡的機構，將之應用於升降機，則可同時解決目前升降機所固有的繁複變動負荷問題，使用本負載自動平衡的升降機，因負荷小可高速行駛，不但能節省能源且又可增加升降機壽命及安全性。目前，市面尚未見任何『負載自動平衡升降機』。本『負載自動平衡省能源升降機』係由廠商提出的需求，因此具有極高的實用效益。

『負載自動平衡省能源升降機』係利用打水幫浦作為負載自動平衡的媒介，因此可使負載減至最低，預期將可節省許多能源同時增加數倍的安全性。再者，設計本『負載自動平衡升降機』所需的知識範圍較廣，須有機械及檢測的知識互相配合，為機電自動控制教育的良好載體。市面上亦尚未有『負載自動平衡升降機』之商品，廠商願意出錢研發想必有其需要及創新性。製作中「負載自動平衡省能源電梯」雛形如圖6所示。

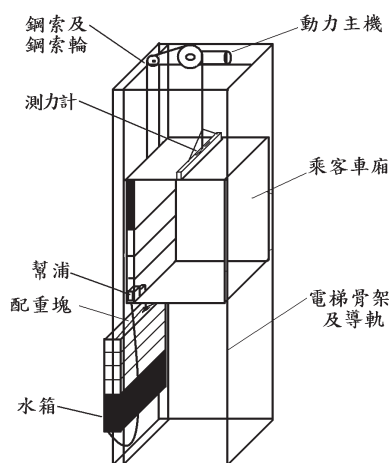


圖4 負載自動平衡省能源電梯示意圖

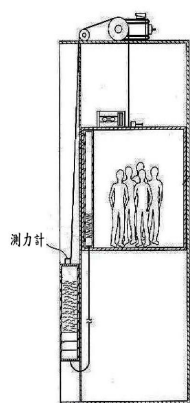


圖5 負載自動平衡之省能源電梯側視圖



圖6 製作中「負載自動平衡省能源電梯」雛形

5.2 預期成果

1. 研發『配重自動平衡省能源升降機』係由客戶需求及實際工作需要而生，本計畫基於這些條件而設計，在產品應用及銷路方面無虞。
2. 透過此次的研發，產學雙方可發現許多關鍵技術，對今後的研發有所助益。
3. 『配重自動平衡省能源升降機』為新的構想，由於本計畫的執行，構想得以實用化。
4. 因參與人員為學校學生或公司員工，學員或員工皆有機會練習機械的檢測技術的設計要點，可謂技術及人才培育兼得。
5. 預期結案時將可製作出一台符合客戶需求的『配重自動平衡升降機』。

參考文獻

- [1] 周波, Apr. 2009, “環保節能機構實用化之研究”, 全華圖書公司。
- [2] 張文益, Apr. 2005, “電梯主機檢驗與測試紀錄表”, 長岡機電有限公司。
- [3] 詹福賜、管金談, 2003/12, “砂輪的動態不平衡檢知與線上自動平衡機構設計”, 第六屆機構與機器設計學術研討會暨海峽兩岸機構學術研討會, 國立虎尾技術學院, 雲林縣, 論文集612-615頁。
- [4] 謝振輝, 詹福賜, 王凱民, 劉政學, 2004/11, “關於砂輪的非接觸式動平衡檢知法的研究”, 第二十一屆機械工程學會CSME全國研討會, 中山大學, 高雄市, 論文集3907-3912頁。
- [5] Fu-She Jan, “On-Line Automatic Emery Wheel Counterweight Regulator”, 2005/05, Proceedings of Automation 2005, The Eighth International Conference on Automation Technology Conference Taichung, Taiwan, May 2005, pp139
- [6] 中國國家標準, 1988, “液壓升降機”, CNS-11380-B4065。
- [7] 張文益, 長岡機電股份有限公司, 94/04, “升降機檢驗與測試紀錄表”。
- [8] 鄭明財, 1999/05, “油壓升降設備之油壓缸挫曲探討”, 停車場季刊, 57頁
- [9] 周波、劉清波、羅光斌、鄭明財, 2001/06, “省能源油壓升降機的設計製作與測試”, 建國學報第二十二期, 235頁
- [10] 劉清波、周波、柯敏惠, 2000/05, “升降設備的運動平穩度測定”, 建國學報第十九期, 283頁。
- [11] 王凱民、詹福賜, 2005/06, “水噴射法不平衡校正器的構造原理”, 建國科技大學自動化系暨機電光所碩士論文。