

循環型多車廂電梯的基本驅動技術

1、前言

超過 20 層的高樓建築作為都市的基本設施而存在著，在日本國內在過去的 17 年間就建設了約 100 棟，而東南亞則會建設數倍於此的棟數。然而眾所皆知，隨著大樓的高層化，必需的電梯昇降道累積空間增加，暫據了大樓的基本用途如辦公、住宅、店舖等相關空間。例如：50 樓高的辦公大樓，其中昇降道及搭乘場所佔用的面積可占大樓全部建築面積的 20%，尤其是在一樓有達到 30%的。

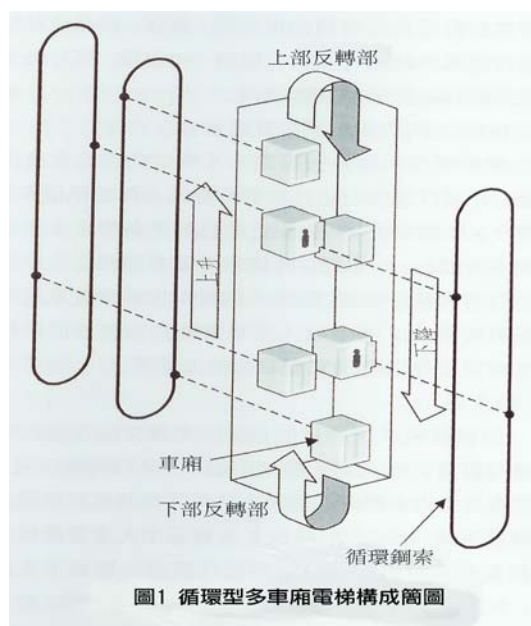
上述問題的根本解決，有賴於提高電梯單位面積的輸送能力。將兩個車廂在縱向連接起來的雙層車廂電梯就是個有代表性的例子。其他正在研究的還有：兩台獨立車廂在同一昇降道內運行的方式，多台車廂用鋼索連結成環狀運行的牽引驅動多車廂方式，還有用線性電動機驅動多台車廂運行的方式……等等。然而，早已實用化的雙層車廂電梯，以基站候梯廳到高層觀光層兩點間進行穿梭式輸送可達到一般電梯 2 倍的輸送能力，但如果在 10~15 樓這樣的多層樓間進行局部輸送乘客，由於大多乘客有各自的目的地樓層，使電梯形成在各樓層都停站的運行狀態，造成了輸送能力的降低。

對於這樣的局部輸送，我們正在研究，用小型可獨立運行的多個車廂的”多車廂”方式的有效性。但是在取得這些經濟優點時，如不開發與此相應的低費用的驅動技術，則會成為成為多車相方式實用化的障礙。

這次筆者介紹多車廂方式的電梯，確定以比較低的費用的驅動技為基礎，並以 1:10 尺寸比例的試驗機，對其成立的可能性驗機，對其成立的可能性進行了驗證。

2.1、基本概念

這次開發的循環式多車廂電梯驅動技術的構成如圖 1 所示，以下對其主要特點進行說明。



(1) 不進行超越的循環狀運行

在循環型多車廂的場合，當先行的車廂停站時後續趕上的車廂就必須減速或停止等待。解決這個待機損失的最簡單的辦法是使車廂相互超越成為可能，然而人體在橫向上對加速度的耐抗性低，以 0.5m/s^2 為界線。而進行超越必須進行減速、變更前進路線、超越行進，回復進行路線、進行加速，這樣需要花費時間。例如，在額定速度 2.5m/s^2 ，平均層間距離 3m 的場合，這個過程需要的時間如表 1 所示為 18.7s 。

表一 超越需要的時間

減速	速度 $2.5 \rightarrow 0.7\text{m/s}$ 加速度 $0.6/\text{s}^2$	3.0 s
道路變更	橫移 2.15m ，加減速度 0.5m/s^2 縱移 3m	4.2 s
超越	速度 0.7m/s ，縱移 3m	4.3 s
道路回歸	橫移 2.15m ，加減速度 0.5m/s^2 縱移 3m	4.2 s
加速	速度 $0.7 \rightarrow 2.5\text{m/s}$ 加速度 0.6m/s^2	3.0 s
合計		18.7 s

從先行的車廂 1 名乘客出車廂所需時間如表 2 所示為 9.2s 。由此可見，在進行超越期間，先行的車廂已經停站完畢而又已出發的可能性較高，這樣使超越輸送效率提高的作用減小。為此本方式不採用進行超越的方式，而是在上升和下降的兩個昇降道連結成循環路線使多數車廂在同一方向運行。

表二 一名乘客出車廂所需時間

開門	4.3 s
下車	1.2 s
待關門	2.0 s
關門	3.0 s
合計	9.2 s

(2) 循環鋼索驅動

爲了多車廂電梯的實用化，通過提高電梯的輸送能力，使昇降道所占面積轉換成租賃面積，以此產生收益必須有能夠實現的技術。爲此決定採用費用較低的鋼索作爲驅動媒介。將鋼索和車廂連接成環狀而進行驅動。另外由于採用這種方式，不需要將驅動量叫較大的馬達設置於車廂，避免車廂重量增加而造成馬達大型化之連鎖反應。

(3) 速度、樓數、車廂數、乘員

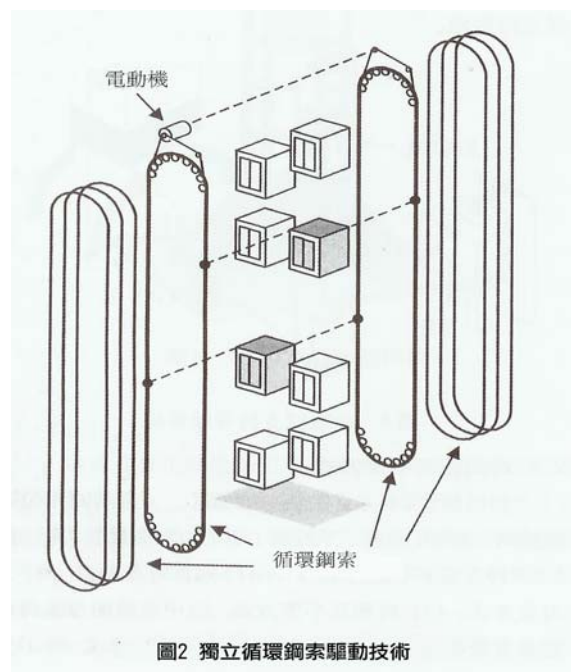
在多車廂電梯的場合，即便提高最大速度也只是使超越的頻率提高而並不能提高輸送能力，故認爲最大速度 2.5m/s 已足夠，這樣結果只適合于 10~20 樓的局部驅域的運行。然而當車廂數增多成爲過密狀態也不能依此而提高輸送能力。對此進行了模擬仿真後，最合適的車廂數爲 6~8 台。當每各車廂乘客數過多時，使停樓時間損失加大，故最合適的乘員數爲 13~15 人(額定載重爲 900~1100Kg)。

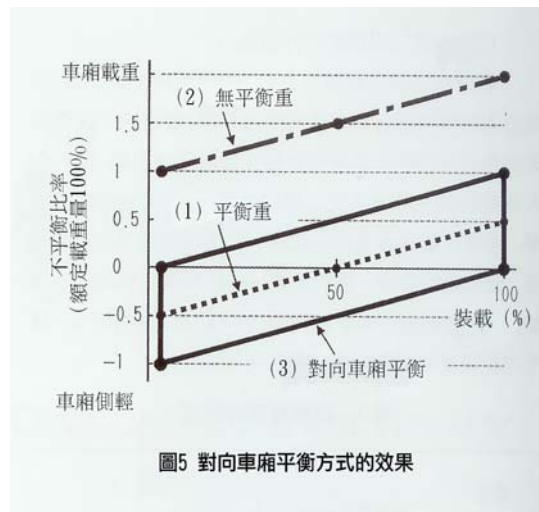
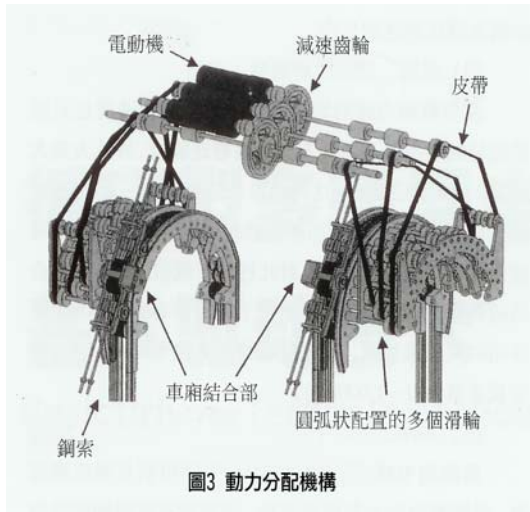
(4) 對向車廂的平衡

一般的電梯是將車廂和平衡配重中間用鋼索連接在一起，以控制驅動力 and 能量消耗，這時平衡配重在車廂的背面或側邊外部空間行走，以不妨礙車廂的運行。但是對於本方式而言，如果在循環鋼索的相對位置安裝平衡配重，則會影響其它車廂的運行。所以本方式是在循環鋼索的對角位置接續兩個車廂，兩車廂之間相互構成虛擬的平衡，將驅動力 and 能量消耗控制在實用的範圍內。

2.2、獨立循環鋼索驅動技術

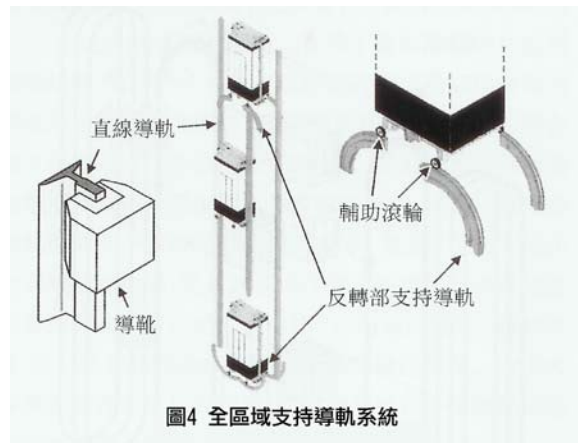
圖 2 所示爲用循環鋼索獨立驅動車廂系統的概況。各車廂用前後兩組鋼索驅動，各循環鋼索連接兩個車廂，這些鋼索組設爲：車廂數除以 2 (組)，故可實現獨立驅動。各循環鋼索如圖 3 所示，在昇降道頂部配置電動機，通過減速齒輪、皮帶、驅動圓弧狀配置的多個滑輪。





2.3、全部支持導軌系統

循環型多車廂電梯，在上班時等上行高峰時搭乘場的乘梯效率成為輸送能力的限制，為此以搭乘場樓屋左右兩處的門乘梯，使乘梯效率 2 倍化，設定的運行方法為：一方的車廂上升，另一方的車廂經反轉部後而上升。另外，還設想乘客在最上層或最下層忘記出電梯或當作遊樂設施被使用的情況，不能無視乘客在乘梯狀況下通過上下反轉部的可能性。因此，本方為了載有乘客車廂以上下反轉部通過的可能，設有包含反轉部的全區域車廂支持導軌。圖 4 所示的導軌系統是由一般的直線導軌和反轉部支持導軌所組成。反轉部份，在車廂下部新設有 4 個輔助滾輪，和反轉部支持導軌相組合以支持車廂。



2.4、對向車廂平衡系統

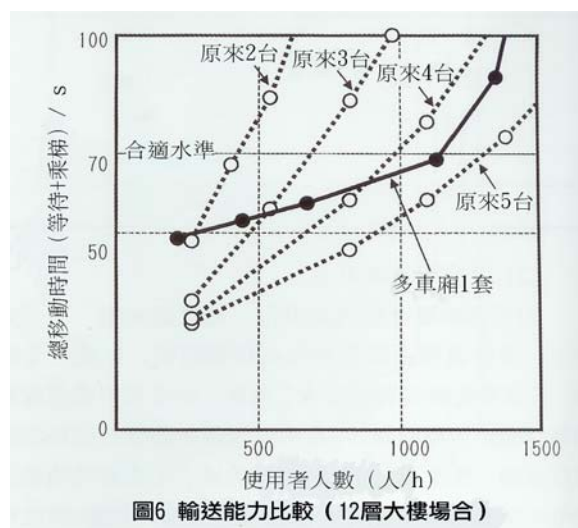
如前所說，本方式是在一組循環鋼索的對角位置連接兩個車廂，這樣就控制了驅動力合能量的消耗。圖 5 是 3 種方式不平衡比率結果：(1) 一般對重方式、(2) 無對重方式、(3) 車廂互平衡方式。圖中當車廂自重和額定載重量相等的例子時，曲線 (3) 對向車廂方式，和 (2) 無對重方式相比較為最大不平衡的 1/2。和 (1) 一般對重方式相比較為其最大不平衡的 2 倍，當全部裝載狀態平均

化時則和（1）相等。所以驅動電梯的容量必須是通常的 2 倍，但能量消耗是相同的。

再有對向車廂平衡方式，當一個車廂停站時，另一個車廂也得停止，但是要求最大輸送量的上班上行高峰時，下降側的乘客幾乎沒有，所以對輸送能力的影響很小。再是車廂乘員數為 13~15 人，只有一般高樓、辦公大樓所用的 1/2。在白天閒散時間裡，其他乘客的乘梯等待概率和以前幾乎相等。但是同一個車廂的乘客等待乘梯時，和另一個車廂等待乘梯的乘客的心理負擔是不同的，所以要研究一方車廂乘客乘降情景，同時研究減輕另一方車廂等待乘梯乘客所顯現的心理負擔的方法。

2.5、輸送能力的比較

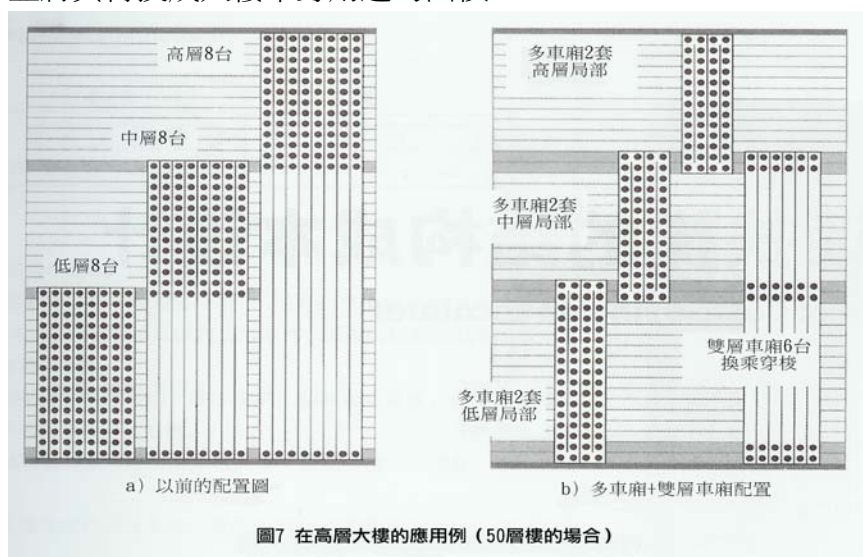
關於多車廂方式和以前電梯輸送能力的比較過去已有很多研究，在此以 12 樓大樓作為典型的例子對兩者進行比較。圖 6 所示為以前的電梯（定員 20 人，額定速度 2.5m/s）和循環型多車廂電梯（定員 15 人 × 8 車廂，額定速度 2.5m/s）在利用乘客數和總移動時間（等待時間 + 乘梯時間）的計算結果。這種規格的場合，循環型多車廂電梯一套占用的面積只是以前一台電梯的 2 倍。而以圖 6 可知，如果將總移動時間適宜的水準定為 70s 的話，要達到和一套循環型多車廂電梯相同的輸送能力，則需要常規電梯 4~5 台，占有面積比為 2：4 到 2：5。因此在 12 層大樓的場合，循環型多車廂電梯單位面積的輸送能力為常規電梯的 2~2.5 倍。



2.6、高層大樓應用例

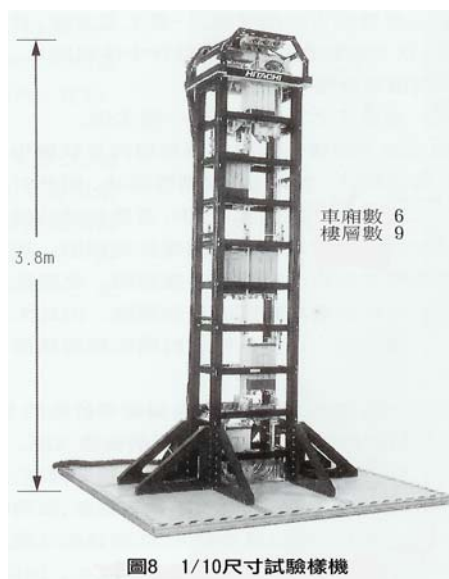
循環型多車廂電梯適用層數是 10~20 層數，對於更高的大樓可和其他方式組合使用。圖 7 所示是在 50 層大樓中組合使用的例子。此例中是採用空中候梯廳的方式（見 Elevator World >> April (2003), P66~71 介紹），每 10~20 層設換乘層（空中候梯廳），用大容量的雙層車廂電梯輸送，在此換乘局部移動循環型多車廂而到達目的樓層。這種場合電梯昇降道的佔用面積只有原來的 2/3。對這種

電梯的組合還要下工夫研究，使在其他各種形態的大樓也可以減少電梯所佔用的面積，並將其轉換成大樓本身用途的面積。



3、 1/10 尺寸試驗機

為驗證這次開發的技術成立性，試制了 1/10 尺寸的試驗機。圖 8 為其相片。由該試驗機了解了循環鋼索張力和變動特性、上下反轉部的振動特性、支持導軌換乘部的特性等，從而驗證了基本驅動技術的成立性。



4、 結論

這次開發了單位面積輸送能力是從前的 2.5 倍的循環型多車廂電梯的基本驅動技術，驗證了 1/10 尺寸試驗樣機的成立性。今後我們將致力於安全運行系統的開發，通過實物大小的樣機試製，實現實用化的預定目標。

……本文轉載自中國電梯雜誌 2006 年 10 月 第 19 期