

## 臺北捷運公司節能減碳作法

陳昱璇<sup>1</sup> 陳榮良<sup>2</sup> 施政延<sup>3</sup> 塗同銘<sup>4</sup>

### 摘要

二氧化碳是主要的溫室氣體來源，隨著全球暖化趨勢下，如何減少二氧化碳排放量已成為世界各國非常重要的研究課題，世界各國地鐵也普遍將能源效率納入營運績效指標項目。

捷運系統的運轉能源來自電力，然而在近幾年台北捷運新線陸續開通，整體路網更臻成熟，不但營運車站數量增加，列車行駛里程也較長，所能服務的旅客也屢創新高，伴隨營運的需求，其整體能源耗用也就愈高，在用電增加情形下，相對的也間接造成碳排放量提高。在節能減碳的嚴峻課題下，台北捷運公司為有效管理、推動及落實節約能源及提升能源使用效率，自 2006 年起即成立節約能源委員會加強推動節能相關工作，本文就公司營運管理面，提供實務之節能減碳作為，以供各界參考。

關鍵詞: 節能減碳、能源使用效率

## Energy-saving and Carbon-reduction Practices Taken by TRTC

Kelly Chen<sup>1</sup> R.L.Chen<sup>2</sup> Owen Shin<sup>3</sup> Julian Too<sup>4</sup>

### Abstract

Carbon dioxide is the main source of greenhouse gas. Facing the global warming trend, reducing carbon dioxide emissions has become a critical global issue. Most metro systems have therefore incorporated energy efficiency into benchmarking items.

MRT operations depend on power supply. As new Taipei MRT routes have opened in recent years, the entire network has grown mature, leading to an increase in the number of operational stations and operational mileage. Consequently, transport volume regularly hit record high. To meet operational needs, overall energy consumption is growing, leading to increasing carbon emissions.

To manage the critical goals of saving energy and reducing carbon, Taipei Rapid Transit Corporation (TRTC) established an energy saving committee in 2006. The committee promotes effective management and implementation of energy-saving measures while raising energy efficiency. This paper introduces energy-saving and carbon-reduction practices taken by TRTC in terms of operational management.

**Keywords:** energy saving and carbon reduction, energy efficiency

<sup>1</sup> 臺北大眾捷運股份有限公司電機處助理工程師

e21383@meto.taipei

<sup>2</sup> 臺北大眾捷運股份有限公司電機處副廠長

e00654@meto.taipei

<sup>3</sup> 臺北大眾捷運股份有限公司電機處廠長

e01420@meto.taipei

<sup>4</sup> 臺北大眾捷運股份有限公司電機處副處長

e00652@meto.taipei

## 一、前言

由於全球能源的高度使用、化石能源儲存量的不足，使得能源即將用罄可能性日漸升高。而化石燃料的過度使用，除造成環境污染問題外，亦間接加速了全球暖化的現象。繼續排放溫室氣體將會使暖化現象繼續惡化，氣候系統也將產生持續的變異，對全球生態系統造成不可逆的衝擊。如果全球各國持續加速排放溫室氣體，在本世紀中氣溫將有可能比1986年至2005年額外增加攝氏2度，而在本世紀末，將會演變成增加攝氏3.7度。〔1〕

2006年，我國人均二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放量國際排名第22，在國際減量策略及高油價帶動節能減碳壓力下，行政院為整合各部會節能減碳相關措施，達成國家「永續能源政策綱領」所揭之政策目標，核定「國家節能減碳總行動方案」，以全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量，於2025年回到2000年排放量為目標。

為達成國家整體節能減碳政策之目標，台北捷運公司秉持服務品質不變的信念，除參考經濟部能源局及業界先進所提出之節能措施外，另亦動員公司上下全體同仁腦力激盪，竭盡所能找出節能空間，進而推動各項節能方案。

## 二、現況說明

依經濟部能源局公開資料顯示，2013年國內能源消費量中，以工業部門為主(44.89%)，運輸部門則占11.60%〔2〕，其中由各運具能源密集度顯示（詳圖1），台北捷運、高鐵及台鐵之能源效率較佳，每延人公里耗電量皆為0.05度，故發展大眾運輸對節能減碳有正面之實質助益。

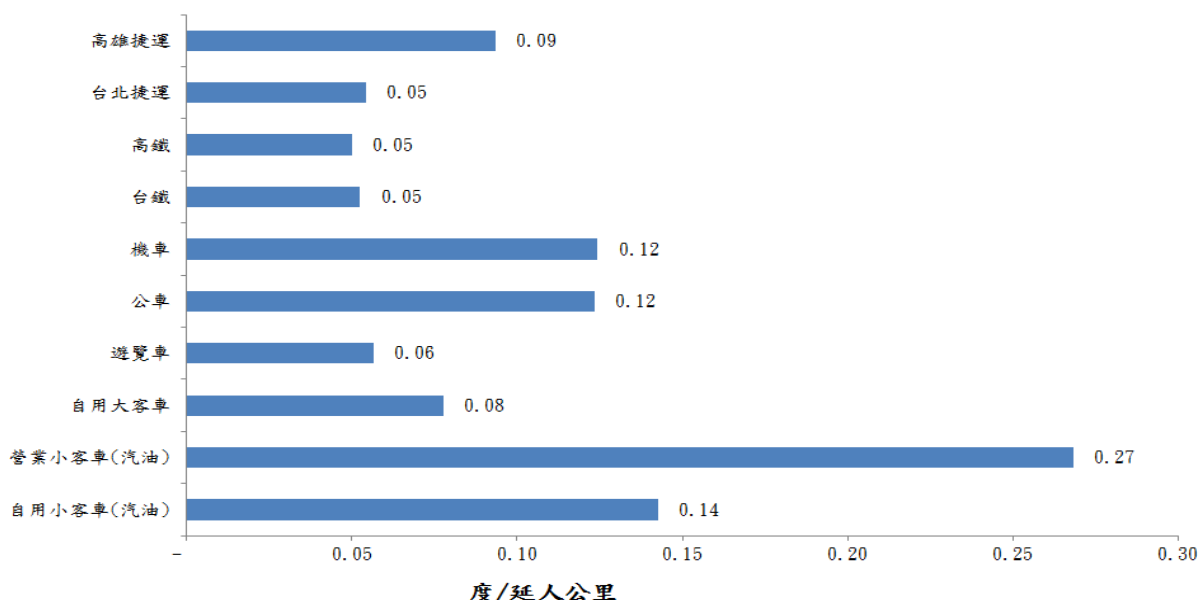


圖 1 2013 年我國各運具能源密集度

資料來源：交通部運研所〔3〕。

註：1、延人公里：某特定時間內，所運送旅客里程之總和。

2、交通部運研所資料係未含場站用電。

以台北捷運公司2013年之系統用電分析，車站用電佔58%，列車用電佔42%（詳圖2），由於台北捷運班次密集，旅客候車時間短，旅客從進站、月台候車、上車、到達目的地下車、出站，所花費時間主要落在列車行駛上，但台北捷運系統之能源耗用卻以車站用電所佔比例較高，這與其他運具的能源使用型態大不相同，顯示推行節能工作首要應著重在車站設備用電減量。這也與台北捷運公司節能措施以車站為主、列車為輔的執行策略相符。

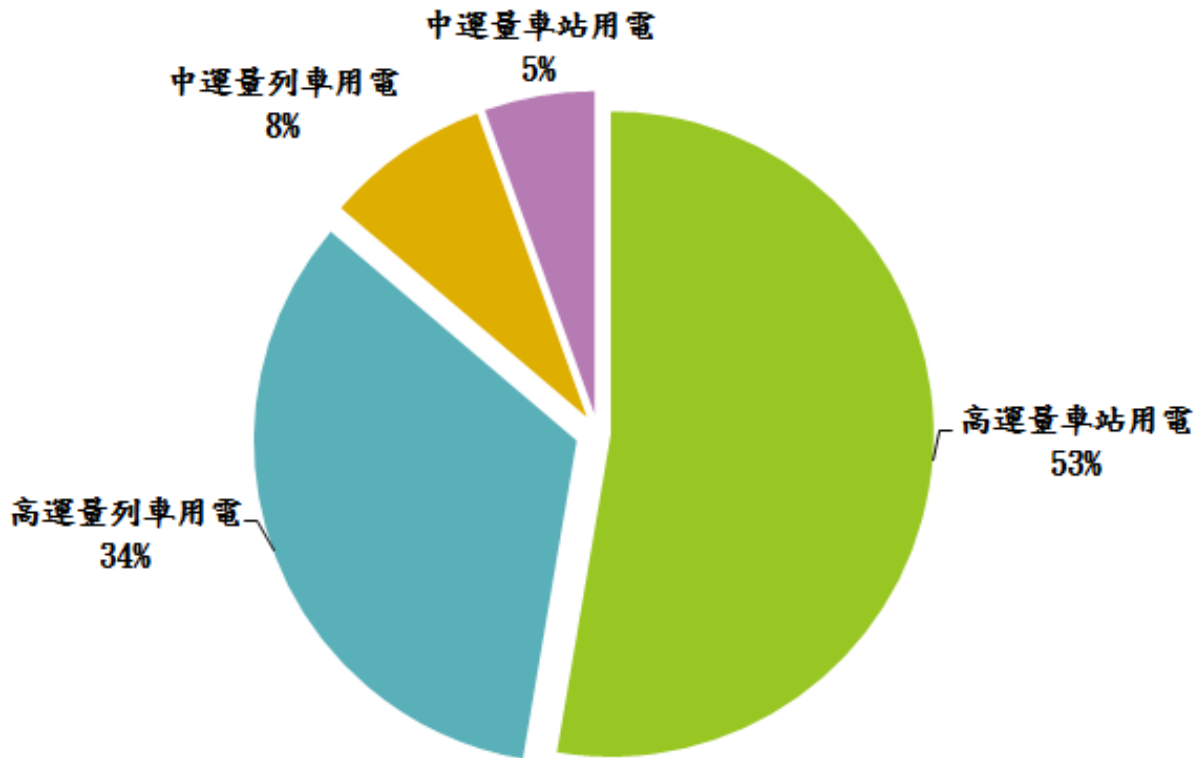


圖 2 2013 年台北捷運系統用電分佈

### 三、節能手法

捷運公司進一步檢視車站能源使用情形後，普遍發現照明、空調等系統設備配置規模已超出需求，造成能源過度使用，故台北捷運公司自2006年成立節約能源委員會起，動員各單位全面推動節能減碳工作，從如何用得少、用得好為節能計畫的主軸，由使用適量化及效能優化開始著手，舉凡從旅客可感受得到的車站照明照度與空調溫度適度調整、無旅客使用扶梯時節電的怠速裝置，一直到不易察覺的車站設備及列車電力轉換元件的效率提升、減少營運列車無效調度里程，更精進至配合場站特性執行空調差異化管理措施等。

下面就依照明、空調、電扶梯及列車系統分類，列舉說明實務上作法：

## (一) 系統

1. 照度調整：依據 CNS 照度標準，盤查各場站之照度，並依需求量調整配置，拆除非必要燈具（如圖 3），確保場站照度趨於合理範圍。



減燈前 照度 990Lux

減燈後 照度 300Lux

圖 3 減燈前後對照圖

2. 改善迴路設計：避免因迴路設計不當而連動開啟不必要之照明，例如：早期地下車站將大廳到地面出口的通道設計成同一控制回路，為了地下通道照明開燈時，同時開啟了地面出口的照明，但地面層在日間可自然採光，所以切割控制迴路可減少日間開燈情況，亦可避免民眾經常投訴捷運系統為何在大白天開燈。
3. 控制優化：為了善用日光，參考中央氣象局日出/日落時間表，進一步制定不同季節之車站照明啟閉時間表，並配合調整定時器，使照明啟閉時間更合宜。在辦公室、維修機廠等職員使用之廁所及茶水間照明修改為感應式控制，員工停車場照明亦變更為定時控制，除上下班尖峰時段外，關閉部分照明，從原本的常時開改成需要時再開。
4. 提高燈具效率：提升照明發光效率，以達到使用更少電力產生更佳照度成效，包括汰換效能較低之白熾燈/鹵素燈/水銀燈、T8 螢光燈改為 T5 燈管、車站廣告燈箱光源變更為 LED 燈，此外在燈具的選擇上，



圖 4 燈具置於隔柵上方

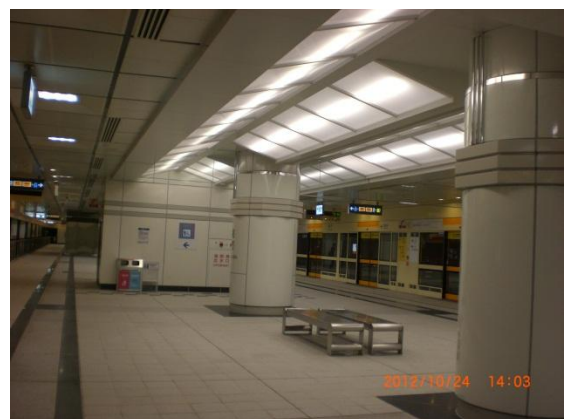


圖 5 燈具加裝燈片



不使用間接照明、燈具不隱藏在天花板內(圖 4)、燈具不加燈片(圖 5)等作法都可以減少使用燈數達到相同或更好照度的作法，不但節能而且便於維護。

## (二) 空調系統

1. 阻隔冷氣外洩：針對廠區、辦公室、地下街出入口等有冷氣外洩之虞處所，增設玻璃門、自動門或空氣簾阻隔，以避免空調耗損。針對部分車站月台原屬開放空間設計，但又設有冷氣情形，例如中運量內湖段、小碧潭站點狀空調，不管冷氣怎麼開，月台空間溫度並不會下降，則予關閉，再針對車站大廳與外氣連通區域，例如新店站、新店區公所站、七張站、景安站及迴龍站就大廳層鄰近出入口的冷氣關閉，
2. 減少非必要之設備運轉：檢討空調設備運轉時間及運轉數量，以達兼顧節能與使用需求。目前已實施的措施包含站營運前換氣時間調整、換氣模式風機半載運轉、依車站空氣品質檢討閉迴路循環時是否開啟新鮮空氣補給風機(如圖 6 所示)、月台下排風機由全時運轉改為溫度控制、機房排風機運轉時間縮減、訂定空調合理開機時段等。

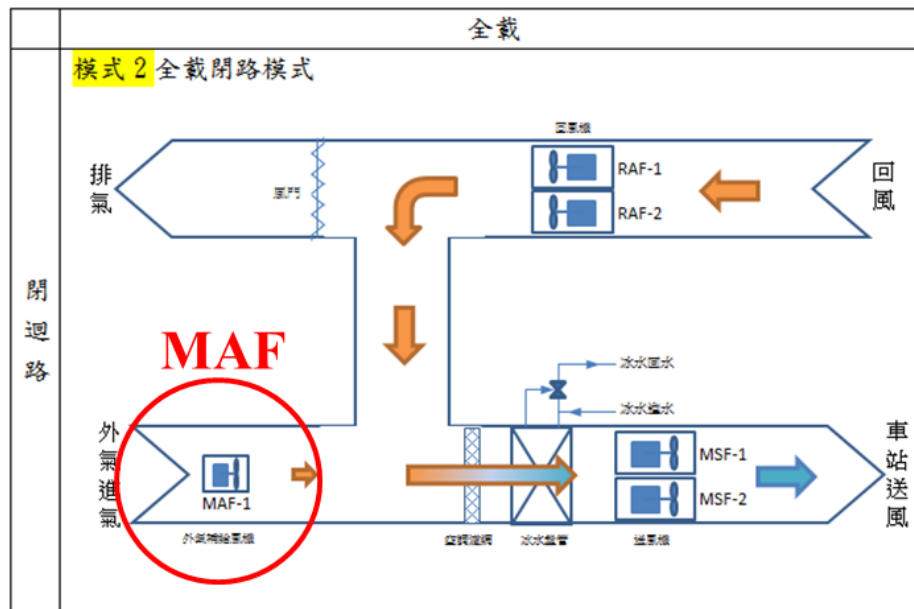


圖 6 閉迴路模式關閉外氣補給風機(MAF)

3. 調整設備參數：變更空調設備運轉設定值，使其能運轉於較節能或效率較佳之狀況。如：室內冷氣溫度設定不低於 26°C、依季節調整冰水出水溫度、限制冰水主機運轉容量等。
4. 提升設備效能：冷卻水塔散熱材定期更新、冰水管路保溫材定期更新、分離式冷氣機汰換時採用高 EER 機型、冰水主機汰換時採用多壓縮機併聯運轉型式。
5. 差異化控制管理：由於各捷運車站在尖/離峰時段、車站地理位置、車站週邊活動型態影響旅客流量差異很大，而原設計車站空調似未考量這些需求的差異，都是以同樣的模式控制車站空調設備運轉，因此台北捷運公司試著在供給與需求平衡的思考下，依各車站不同時段之旅運量特性或空調設備設置差異，調整空調運轉模式，典型的措施為部分車站離峰時段空調風機半載措施、風管交錯配置車站採開啟單側空調模式。

### (三) 電扶梯

1. 使用需求檢討：考量旅客習性及車站特性，針對離峰人潮較少的時段、旅客進出量較少之出入口，實施停止運轉措施。另同一位置有多台電扶梯設備併排設置情形，可在上下班尖峰時間以外，停用部分電扶梯，並公告旅客週知，如圖 7。



圖 7 電扶梯三台停一台及節能公告

2. 設置怠速功能：未偵測到人員進入時間達 1 分鐘時，變更為怠速運轉模式(0.2m/s)，當偵測人員進入時，採 10 秒加速至正常速度(0.5m/s)運轉。

### (四) 列車

1. 提升設備效能：301 型列車推進換流器模組元件由可關斷晶閘管(GTO)改為絕緣柵雙極電晶體(IGBT)型式，降低設備耗能。
2. 照明、空調節能措施：縮短列車於離峰時段及旅客較少車站之開門時間，減少冷氣外洩、文湖線 VAL256 型列車空調主機更新、車廂照明燈具汰換為高效率燈具(T12 改為 LED)、列車尾燈型式改為 LED (如圖 8)、終點站在離峰時段採單一月台發車及關閉備用車空調照明、列車增設空調自動調溫電路於離峰時段自動調升 1°C (如圖 9)。



圖 8 尾燈型式改為 LED

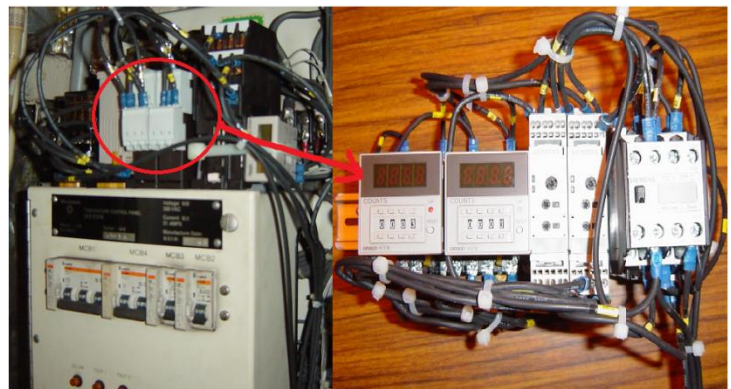


圖 9 增設空調自動調溫電路

3. 調度優化：減少營運列車多餘調度里程，另透過列車車速曲線的分析，列車以「滑行」方式行駛，減少電量的消耗，在不影響行車績效及服務品質前提下，持續執行滑行命令的設定。
4. 三軌電壓調整：在不影響三軌供電之穩定度下，適當地調降動力變電站輸出電壓，提升再生電力之回收率(如圖 10)，以提供其他列車使用。

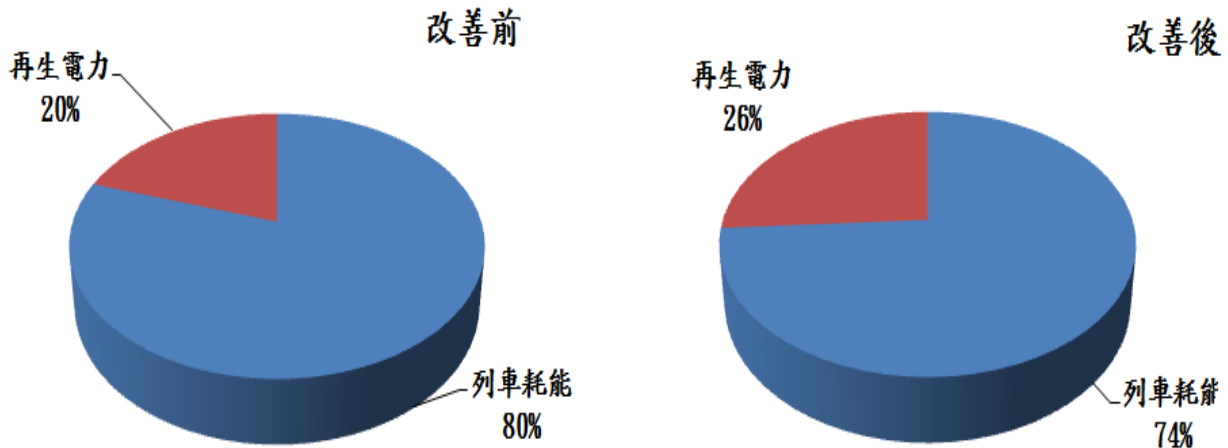


圖 10 新莊線新莊站~先嗇宮站再生電力回收率比較

#### (五) 其他

1. 計費模式檢討：依系統用電時段、特性，經比較電力公司二段式電價與三段式電價之用電成本後，將捷運系統 161kV 及 22kV 用電場所全面修訂計價契約為三段式電價。
2. 契約容量調整：定期檢討契約容量，契約容量達到最佳化，使用電成本獲得完善管控。
3. 功率因數檢討：提升用電功率因數可減少輸電之能源損失，按台電公司的計費規定：「功率因數超過 80% 時，每超過 1%，該月份電費給予 0.15% 折扣」，所以捷運公司管控各用電地點功率因數，設定目標值為 99%，以減少能源輸送過程的損耗並取得最大優惠。
4. 熱泵系統：電熱水器達使用年限時，汰換為高電能轉換效率之熱泵，除可減少能源使用外，可設定在電價離峰時段製熱，進一步降低成本。
5. 再生能源：由於台北地區都市地型關係，車站在地面層通常無獨立建物，僅有出入口亦受鄰近高樓遮蔽日光，並不適合設置太陽能板，捷運公司曾配合臺北市政府再生能源發展政策，於北投機廠設置 37 峰瓦的市電並聯型太陽能發電系統，產生之電力直接提供辦公室部分照明、插座等低壓設備使用，亦對辦公室發揮遮蔭蔽日之效果，雖經濟效益有限，對節能減碳不無小補。
6. 節能教育宣導與訓練推廣：張貼節能文宣及公司內部實行提案獎勵制度，針對節能議題內部公開徵求節能主題式廣徵提案，激勵同仁集思廣益並提升同仁參與感之成效。



## 四、成效

### (一) 節能成果

台北捷運公司與大台北地區民眾的生活，現已成為密不可分的關係，也因路網持續擴張伴隨著捷運用電量增加，公司內部藉由節能委員會推動各項措施，管理、管控照明設備、空調系統及電扶梯系統等用電，台北捷運公司才能達成符合節約能源計畫設定之目標。

2006年起成立節能委員會加強推動節能相關工作，以延人公里用電量指標(每旅客搭乘1公里所耗捷運系統之車站及列車用電量)檢視節能成效，由2006年平均用電量為0.142度/人-公里(約3億8千萬旅客人次)，降至2013年0.129度/人-公里(約6億3千萬旅客人次)，共減量9.15%，於2008年平均用電量降至0.127度/人-公里所呈現(減量10.56%)，雖然2008年至2013年因南港站通車、內湖線、蘆洲線、南港展覽館站、新莊線大橋頭站-輔大站、新莊線東門站、信義線通車陸續通車致用電量增加，由於旅客運量增加幅度不如原有的精華區段，使該指標曾經小幅成長，但捷運公司持續於新通車路線進行節能工作，長期來看有逐步下降趨勢，整體節能成果可說是具相當成效(如圖11)。

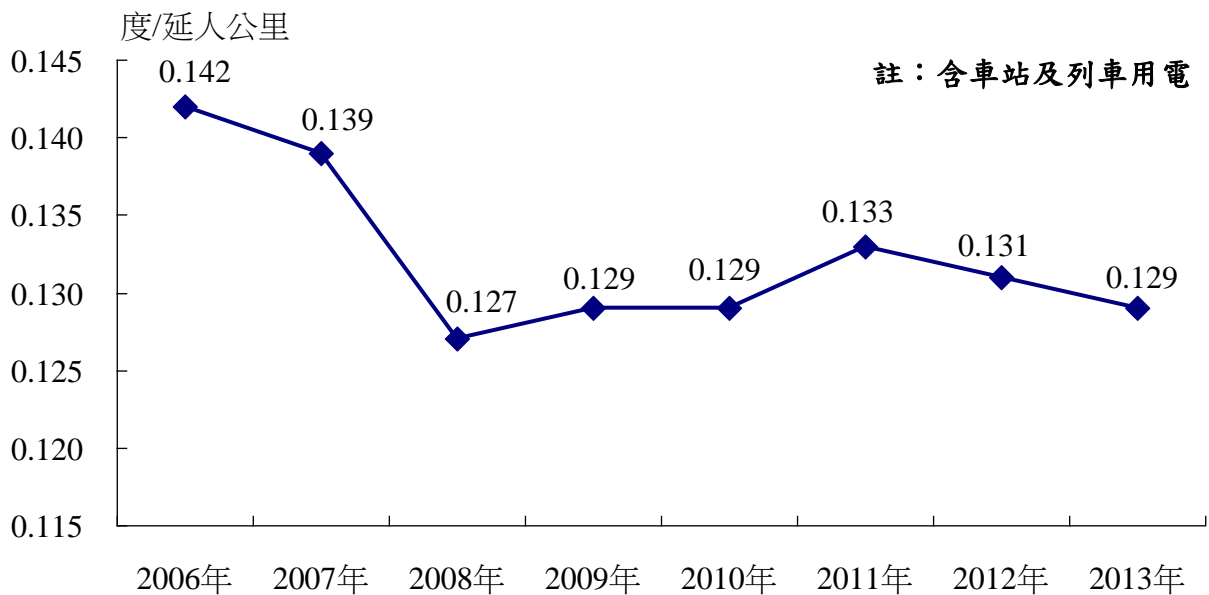


圖 11 台北捷運公司歷年延人公里耗電量

### (二) 減少碳足跡成效

台北都會區大眾捷運系統運量變化趨勢進入穩定成長，若以捷運系統通車以來之累積運量66億1千萬餘人次計算，其總二氧化碳排放減量高達733萬噸，約1萬8千餘座大安森林公園吸碳量；2013年累積運量6億3千餘人次，其總二氧化碳排放減量高達70.4萬噸，約1千8百餘座大安森林公園吸碳量。



## 五、結論

台北捷運公司之節能減碳推廣，從成立節能組織、訂定作業方式、部門自主管理、設施設備改善、節能巡查稽核、能源用量之比較追蹤、教育訓練宣導等處著手並環環相扣，藉由管理手法減少能源耗用，並利用重置契機提升設施設備能源效率。除經多次獲列市府節能考評優等、甲等肯定外，亦於2013年在小巨蛋導入能源管理系統，獲得ISO 50001認證。

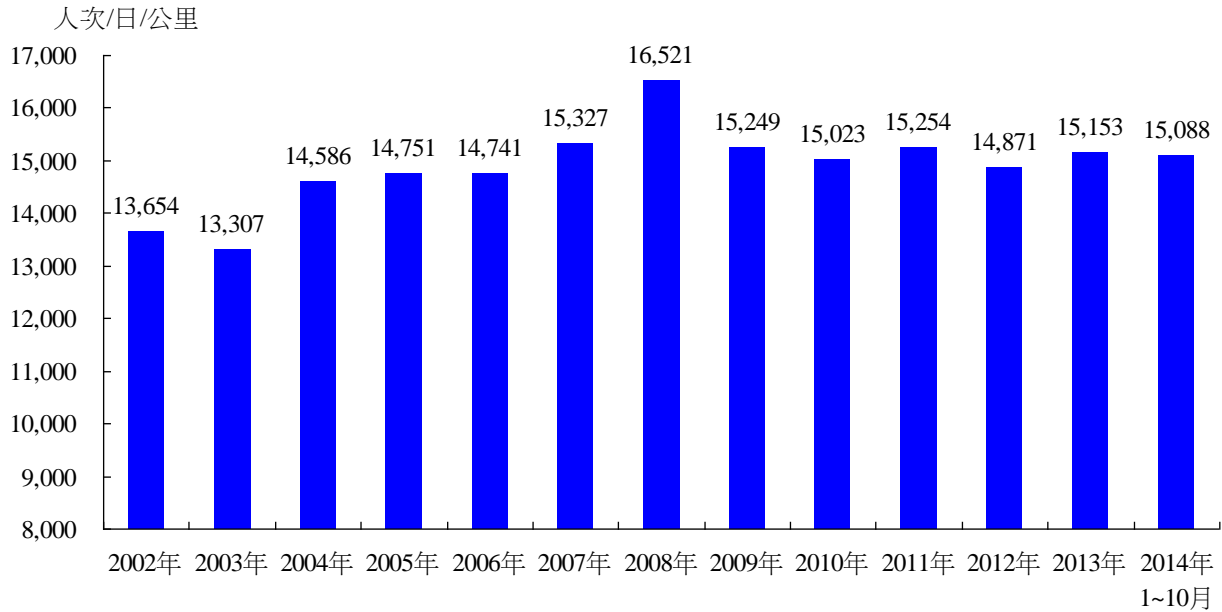


圖 12 2002~2014 年平均每日每公里載客數

初期路網建置完成後，台北捷運公司投注許多人力、物力及財力執行節能減碳措施，因自新莊線通車後，單位里程運量較其他路線明顯較低(圖12、圖13)，造成全系統平均每日每公里載客數減少，但新路線車站及列車投注之能源與初期路網仍相當，故如何在捷運路網規劃時，將節能減碳之思維納入車站等相關設施建置之規劃設計，為目前捷運系統節能減碳重要課題，台北捷運公司也將此節能減碳之實務經驗回饋予捷運工程局，捷運工程局已引進綠建築、節能減碳技術，納入後續路網設計時審查項目，希望藉由兩個單位同心協力、相輔相成，使節能減碳的工作事半功倍。期許捷運系統的每延人公里所使用能源進一步降低，並在政府鼓勵民眾少開汽、機車，多使用公共運具的政策下，降低交通部門的碳排放量，協助達成國家節能減碳總行動方案之目標。

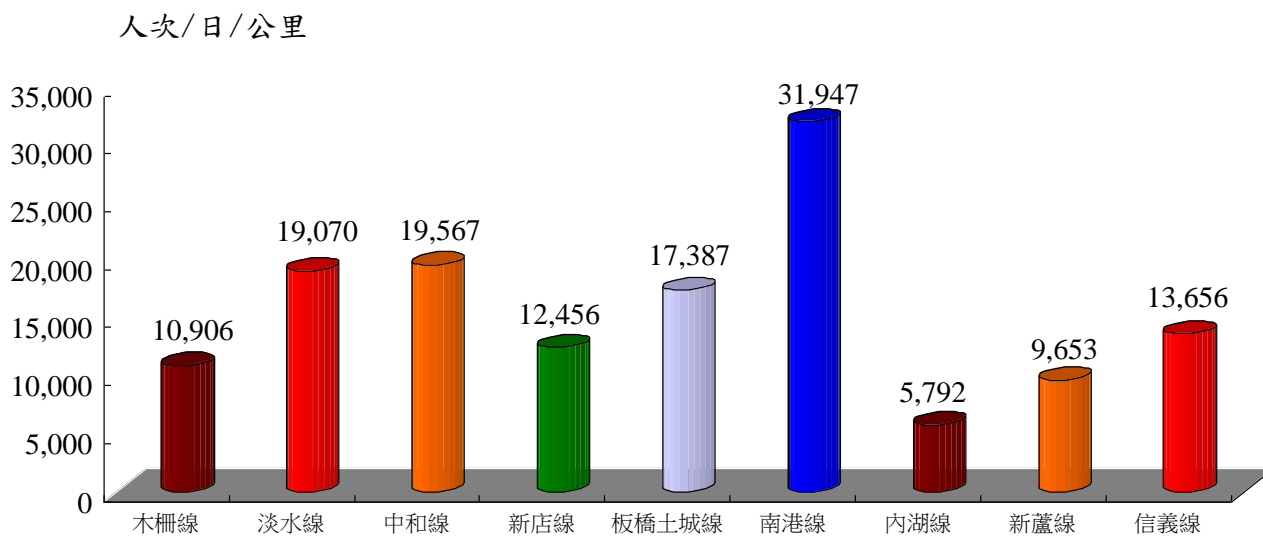


圖 13 2014 年各路線平均每日每公里載客數

### 參考文獻

1. 經濟部能源局，2014 年 11 月能源報導。
2. 經濟部能源局，102 年能源統計手冊，國內能源供需概況，第 10 頁。
3. 交通部運研所，2013 年我國各運具能源密集度。