

# 低碳時代下的生活、住居與城市 以需量治理營造 低碳城市

作者／臺灣產業科技前瞻研究計畫團隊 侯鈞元 (IEK)

城市減碳策略多半著重在再生能源或綠色能源的建設上，然而這些昂貴的建設皆屬於產能端，實際減碳量遠不如市民日常生活上的節約能源行為，如開電動汽車上班的減碳量遠不如搭捷運上班或騎乘自行車。



## 城市是節能減碳的起點

城市是地球上最大的碳排放實體，全世界 50% 以上的人口集中在大城市，地球上 75% 的碳排放來自於都會地區，預估 2050 年全球三分之二的人口將居住在城市。各國政府進行減碳的重要目標即為都會區域的減碳，並要求各都市政府提出低碳因應作為，相關產業商機因而浮現，低碳城市成為新產業的實驗與競爭舞台，相關產業應了解低碳城市需量治理之發展趨勢與動向。

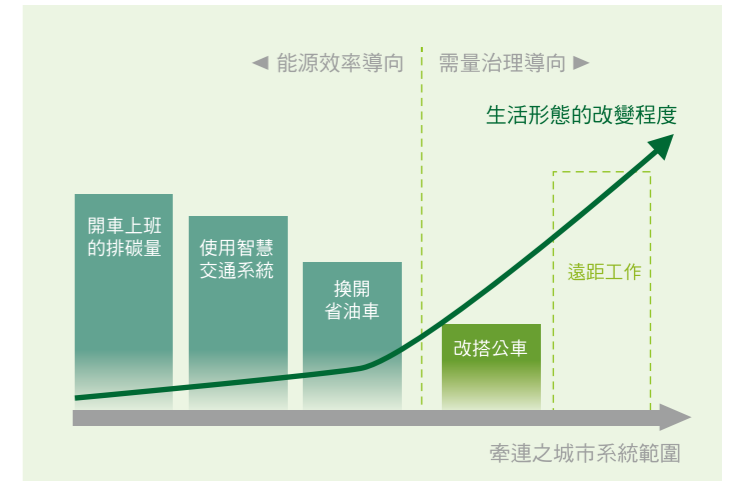
## 產能端與耗能端的減碳效果差異甚大

目前許多城市減碳策略多半著重在再生能源或綠色能源的建設上，然而這些昂貴的建設皆屬於產能端，其減碳量只是火力發電與再生能源的差異，實際減碳量遠不如市民日常生活上的節約能源行為，如開電動汽車上班的減碳量遠不如搭捷運上班或騎乘自行車。

## 需量治理為城市減碳最有效的手段

若要達到國際能源總署訂定的減碳標準，透過管理能源需求且改變生活習慣的相關措施，才是達到城市減碳的關鍵，其措施稱之為「需量治理」。因此需量治理亦即透過管理、服務、技術應用等手段，降低能資源的需求量。廣義的需量治理不需改變生活型態，減碳效果較低，如換裝省電燈泡、透過即時路況避開塞車。狹義的需量治理則需改變生活型態，減碳效果最高，如遠距工作、車輛共乘與換乘大眾運輸工具。

圖 1 / 各種減碳措施之減碳量



資料來源：工研院 IEK(2011)

## 城市排碳量分析

根據統計，城市各部門之排碳量中，以運輸、住商與工業為都市三大排碳來源。亞洲城市排碳成長率最高，美國則為全球排碳量最大國家，原因為其公路運輸型城市架構，因此運輸排碳比例最高。因此在需量治理導向下，城市減碳的重點應在於交通與住商建築部門。本文試圖以交通部門為出發點，然而影響交通排碳量的主要原因並非全來自交通政策，而是都市結構的型態與改變。以下從都市發展趨勢探討都市型態的結構改變，對於交通耗能之影響與趨勢。

## 新都市主義及其低碳主張

新都市主義 (New Urbanism) 是 1980 年代在西方國家逐漸興起的都市規劃及設計理念，它是為了解決過度都市化與過度郊區化所產生的都市問題。例如，美國從 1860 年至 1910 年，都市人口快速增加，過度且快速的都市化造成許多空間與環境問題，如環境污染、住宅擁擠、交通擁擠與社會秩序混亂等。為改善都市環境品質，1920 年代起，美國白領階級與中產階級出現遷往郊區居住的現象。他們為追求陽光、空氣與綠地空間，紛紛離開市中心遷移至郊區，反而造成了城

區的擴張蔓延，讓尖峰時間的市郊交通更加擁擠，市中心變成低收入戶的集中地，產生了治安與環境污染問題。

在這樣的現象下，都市設計者開始推動「新都市主義」，希望透過一連串新都市規劃概念，改善過去無節制的都市蔓延所造成的問題。一般來說，新都市主義可以歸納出 10 項原則，而與需量治理及城市減碳相關的理念則可歸納出六點，以下分別簡述之：

### 需量治理及城市減碳相關理念

#### 1. 重視自行車、步行與其專屬空間

步行環境為新都市主義首重的基本原則，創造具有人性尺度的步行空間有助於社區居民的活絡，增進社區空間的連結與凝聚社區意識。大城市、城鎮及社區網路公共交通鼓勵使用自行車及步行作為交通工具。

#### 2. 無縫式交通系統

建構相互連接的網狀道路結構、層級性的交通系統、高品質的人行道系統與公共空間步行的舒適度等，組織成一個互相連結且無縫式的交通系統，提供市民完整的大眾運輸環境，以減少私人車輛的使用。

### 3. 土地混合使用

土地混和使用的內涵不單只是建築形式或土地使用的層面，它強調內容的混合與多樣性。亦即將都市生活機能串聯並融入區域範圍內，使得居民能方便的在鄰里間獲得生活上的各項需求，進而減少長途的運輸旅次。

### 4. 提高都市密度，降低移動距離

更多的建築、居民、商業和服務業相互靠近，有利於步行，有效地利用服務及資源。增加都市密度與土地混和使用的意義在於減少長距離的交通旅次，轉變成鄰里間的短距離移動，可以大量減少交通耗能與成本。

### 5. 強調都市邊界

為了避免城區無限制蔓延，造成市民活動範圍擴大而耗能，因此強調都市邊界的重要性，透過實體的建設或綠色區域來限制市區的蔓延發展。

### 6. 強調低碳與永續發展

發展及維護環境應用生態友善的技術、尊重生態及自然系統的價值，高效率利用能源，減少對石油的使用，多加使用當地產品，以步行取代駕車。

## 他山之石 Copenhagen 哥本哈根的 2015 城市願景

前面我們從學術理論探討城市趨勢，接下來我們從實際的城市發展願景中，探討需量治理導向於城市發展實際面的案例。

哥本哈根市是全球著名的自行車城市，高達 36% 的交通旅次是騎自行車，其執政者對低碳生態的重視極高。早在 2007 年，哥本哈根就自詡為歐洲最佳生活環境城市，並制訂 2015 年的城市願景。願景主題為「2015 年哥本哈根將是世界上擁有最佳都市環境的生態城市，並減少相較於 2005 年 20% 的碳排放量」。

哥本哈根 2015 願景包括四大目標，分別是單車城市、低碳城市、生態環境城市與環保無污染城市。並具體透過量化指標衡量實施成效，其與城市減碳需量治理

相關之指標摘錄如下：

### 1. 世界最佳單車城市

- ★至少 50% 的市民騎乘單車上下班（學）。
- ★嚴重單車事故受傷人數減少 50% 以上。
- ★至少 80% 的市民認為騎乘單車是安全的。

### 2. 世界氣候政策標竿國家

- ★2015 年全市排碳量較 2005 年減少 20% 以上。

## 他山之石 Sydney 雪梨的 2030 年願景

雪梨市政府在 2008 年發佈 2030 年願景，主題也是永續，口號為「Sustainable Sydney 2030」。本願景由雪梨市籌組的 80 人團體「City of Sydney City Strategy and Design」制訂，並獲得雪梨市政府各都會的支持。雪梨 2030 年的願景包含 3 大願景、5 個重要改革、10 個策略方向與 10 大量化目標。

3 大願景為綠色的 (Green)、全球化 (Global) 與連結的 (Connected)。綠色的代表對環境的低衝擊，透過綠樹、公園、花園與公共空間進行綠化，並獲得全球綠色城市榜樣與聲譽。全球化代表經濟導向，全球連結、知識交換，並對未來發展的態度保持開放。連結的願景代表實體的連結，透過步行、自行車、高品質大眾運輸系統，及透過資通訊科技達到的虛擬連結。

雪梨市政府 5 大空間改革方面，其與城市減碳相關者摘錄如下：

1. 建立一個雪梨市內環區的運輸網路系統，連結市內環區、市中心與郊區，且沒有交通擁擠問題。
2. 建立一個宜居的綠色生活網路。有連續性的綠色廊道，提供行人與自行車獨立的行車空間。
3. 建立一些社區與交通的城市活動節點 (Activity Hubs)，提供一個永續的場所供市民集會、創造、學習、工作與購物。

雪梨針對 2030 年願景不只是建立敘述性的內容，更具體的建立量化指標，能夠協助執政者更清楚瞭解進展。

其 10 大量化目標中與城市減碳相關者如下：

### 雪梨 10 大量化目標中與城市減碳相關一覽表

1. 減碳至 1990 年水準的 50%。
2. 100% 電力由當地電力設施供應，10% 的水資源由當地回收再利用。
3. 市中心市民搭乘大眾運輸工具或共乘比例達到 80%。
4. 10% 的市區旅次為自行車，50% 為步行。
5. 所有市民能在 10 分鐘步行距離內，買到新鮮食物、托兒所、醫院、休閒空間、社交、教育與文化設施。
6. 所有市民能在 3 分鐘步行距離內，抵達綠色運輸走廊，進而轉乘至其他公園綠地。

## 雪梨的市民活動節點 (Activity Hubs)

雪梨市為了達到其設定之城市願景，創立了一個市民活動節點 (Activity Hubs) 的概念。這個城市中的節點目的在於成為社區中的溝通與運輸軸心，節點中在可步行距離內應具備購物商場、咖啡店、圖書館、行政中心與就業區。目的為讓市民在步行距離內提供基本城市活動需求，進而達到節能減碳的目的，形成所謂的短徑城市。

城市裡的節點擁有滿足市民日常生活所需的服務與設施，也因此城市節點有條件成為大眾運輸系統的場站點，如公車站、智慧化 DRTS (Smart Demand-Response Transit System) 與自助車輛出租站等設施。這些設施的目的在於補足捷運站到住宅之間的最後一哩 (Last Mile) 運輸空隙。

**新都市主義 (New Urbanism) 是 1980 年代在西方國家逐漸興起的都市規劃及設計理念，它是為了解決過度都市化與過度郊區化所產生的都市問題。**

## 需量治理導向之城市發展趨勢

從理論與實務兩種角度，可歸納出幾點未來城市發展趨勢，這些趨勢都是以節約能源使用為主要方向，而非目前討論廣泛的再生能源發電或電動車輛的替換。兩者之間的差異，在於生活型態的改變，也就是城市要朝向低碳發展，市民的生活習慣勢必需要改變，不可能繼續沿襲過去高耗能的生活習性，而全然仰賴科技的替代。

### 需量治理導向低碳城市發展趨勢一覽表

1. 慢行交通之鼓勵，慢行交通包括行人與自行車。
2. 大眾運輸系統使用率提昇，如捷運 (重軌)、輕軌等。
3. 無縫式運輸系統的成形，完全取代私人運具。
4. 高密度城區：仰賴建築與居住人口密度的提昇。
5. 都市區位 (建築) 混合使用，商業、住宅、娛樂、民生等建築混合林立。
6. 城市節點的成形，滿足鄰里間市民生活需求之集散點。

## 從城市大眾運輸系統建設階段分析可行之解決方案

從上節可知，城市低碳與交通發展的必然途徑為俗稱地鐵或捷運之都市軌道運輸系統，運量龐大且節能減碳。然而捷運系統造價昂貴，每公里造價達數十億台幣，一般開發中國家或稅收不高之中小型城市多半無法負擔多條捷運系統之興建。

若將捷運系統興建階段化，可區分為第一階段：無捷運；第二階段：1~2 條主要捷運路線；第三階段：搭配主要捷運路線之輕軌或公車系統興建完備；第四階段：捷運、輕軌、公車等大眾運輸系統覆蓋率達到 90% 以上。

全球多數城市集中在第一階段到第三階段，而最適合導入需量治理城市減碳措施者，則以第二階段進化到第三階段為最佳時機，而這個階段也是全球最多城市面臨的障礙。

從第二階段城市具備基本捷運路線來看，最重要的減碳目標即為將市民的移動與活動集中在捷運路線上。利用低耗能的捷運系統，負擔絕大多數市民的耗能活動。因此相關的措施，可以稱之為「大眾運輸促成系統」，以提昇大眾運輸使用率為目標，這些可行的措施或城市系統可分為兩類，分別為提昇大眾運輸類、及減少私人車輛使用類。

### 常見的提昇大眾運輸類的措施包括：

1. **興建更多大眾運輸系統**，以提升覆蓋率，如重軌捷運、輕軌捷運 (LRT)、公車捷運系統 (BRT) 與公車系統等大眾運輸。
2. **大眾運輸輔助系統**，如即時路況資訊系統、公車到離站資訊與轉乘資訊等。
3. **接駁導向運輸系統**，以接駁市民到捷運站為主要目的之運輸系統，包括分散式車輛出租系統 (ex: Bike-sharing)、私人自行車等。

### 常見的減少私人汽車類的措施則包括：

1. **停車管理系統**，如動態停車費收費系統，以減少停車需求為目標之停車場管理系統。
2. **徵收交通擁擠費**，透過向用路人收費方式，減少開車需求。
3. **汽車共乘系統**，減少車輛使用量。
4. **車輛分享系統 (Car-sharing)**：如自助車輛出租系統。
5. **遠距生活環境**：透過遠距視訊技術，提供遠距工作、生活環境，減少實際到訪的需求。

## 需量治理導向之城市需求

從以上所有論述，可以簡單歸納出需量治理導向之低碳城市五大需求方向，分別論述如下：

### 1. 低成本城市大眾運輸系統

現有多數開發中城市之資金不足，無法大量鋪建昂貴的捷運系統或輕軌系統，因此需要低成本的大眾運輸系

統。低成本運輸系統中，BRT 公車捷運系統是近年各國開發中城市的優先選項。

### 2. 接駁導向運輸系統

接駁導向運輸系統主要用來輔助大眾運輸系統，達到無縫運輸的目的，目前最常見者為公共腳踏車出租系統。

### 3. 私人汽車使用抑制技術

若城市已有完善之大眾運輸，則車輛抑制技術將是第二階段。抑制技術多利用收費方式，降低汽車使用需求，因此電子收費系統是發展關鍵。

### 4. 遠距生活環境基礎建設

遠距 (tele-X) 生活在未來經濟全球化趨勢下，將更顯重要。

### 5. 城市節點 (City Hub) 相關科技

節點有助於實現短徑城市，減少長途運輸旅次所消耗之能源。

## 需量治理導向之潛力城市應用系統

從上述所歸納之需量治理導向城市需求，加上國際案例及現有科技發展基礎下，接著研擬出相關可行技術與系統，用來因應需量治理低碳城市需求。這些技術與系統則可供城市公部門減碳時之思考方向，亦可供相關技術供應商研發產品之參考。

### 一、接駁導向運輸系統

接駁導向運輸系統之可行解決方案包括：自行車相關設備、分散式車輛出租系統及節點導向之 DRT(Demand Response Transit) 運輸系統等三種。

- 自行車相關設備包括提昇自行車行車環境之舒適、安全、便利等，如自行車道、停車架、自助停車場、封閉式停車櫃、自動停車塔等相關技術。
- 分散式車輛出租系統，除了常見的公共自行車外，亦可納入電動機車、小型電動汽車等固定站點公共出租系統。分散式無固定點出租系統亦具發展潛力，如現有之 ZipCar、Car2go。
- 節點導向之 DRT 系統，則以城市活動節點為停車站點，依據節點之乘客預約狀況，彈性調整班次、路線、

票價，完全依照需求行駛。提供市民一種「只要步行到居家附近的節點 (City Hub) 即可完成所有都市活動，包括運輸。

### 二、低成本城市大眾運輸系統

在需量治理的真實減碳壓力下，城市興建大眾運輸系統是必然路徑。然而昂貴的重軌捷運系統並非所有城市都可以負擔。因此成本較低，運量中等的替代性大眾運輸系統開始獲得青睞，如 LRT 輕軌系統與 BRT 公車捷運系統。其中造價最低的 BRT(Bus Rapid Transit) 在巴西成功案例的激發下，許多國家開始大幅引進，包含臺灣嘉義也已興建第一座 BRT 系統，其他縣市也多有規劃。然而 BRT 雖便宜，其擠壓原本道路面積造成擁擠的現象，顯示 BRT 系統仍然有許多改良發揮的空間。如中國 BRT 為高架系統，避開使用傳統道路的缺點，但造價也因此上升不少。

換言之，除了捷運系統外，各國次要城市若要達到大幅運輸減碳，低成本的大眾運輸系統是絕對唯一的必要選項，再輔以許多輔助系統，如車輛出租系統、彈性接駁車系統、自行車道與共乘系統等，才能達到無縫運輸的境界。

### 三、私人汽車使用抑制技術

私人汽車使用的抑制措施，目前各國近年發展的重點為動態停車費管理系統及擁擠費電子收費系統。動態停車費管理利用資通訊基礎建設，即時動態調整停車費率，達到充分利用停車資源，降低尖峰時間市中心車輛數量的目的。而停車位的偵測則是此系統之關鍵技術。擁擠費電子收費系統發跡於新加坡，為過去幾年間最難施行之交通減碳措施，原因在於市民的反彈。但在節能減碳與交通日趨擁擠的壓力下，部分城市也開始導入此系統，並獲得優良的抑制成效。

### 四、遠距生活環境基礎建設

最好的運輸就是無運輸。因此節約運輸能源的最佳方案就是利用資通訊技術達成之遠距活動，如遠距工作、遠距醫療與遠距教學等等。美商思科公司提出智慧工作中心的概念，將遠距工作轉移至專屬遠距工作大樓，避免傳統在家遠距工作之缺點。並將遠距工作大樓建設成「城市活動節點」，大幅縮短市民的移動路程。

而遠距工作的促成關鍵包括寬頻建設普及率、視訊壓縮技術、人性化視訊會議環境建構、遠距工作模式與管理。

### 五、城市節點 (City Hub) 相關科技

從雪梨的市民活動節點及短徑城市概念所衍生之城市節點 (City Hub)，是未來需量治理導向低碳城市的發展關鍵。臺灣便利商店是城市節點的全球代表性成功案例。臺灣便利商店導入雲端 Kiosk 平台，提供許多市政服務、購物、商務等服務，大幅減少長途運輸旅次之需求。因此以便利商店為代表之城市節點相關科技，值得繼續投資。例如：導入更多市政服務、便利商店成為交通站點、便利商店成為都市保全與安全中心、便利商店成為綠色科技的示範點等等。

## 需量治理是真實城市減碳的必然結果

本文從城市趨勢與國際案例中，分析推導出未來城市減碳中，在城市結構與交通領域之潛力軟硬體技術。這些科技的目的都是為了減少市民對能源的需求量，也多半需要市民改變傳統生活習慣。因此需要體認的一個重點是，目前大家熟悉的生活方式，如果只是搭配再生能源的建置或電動車輛的取代，其實減碳量是難以達到京都議定書所設定之減碳目標。未來當越來越多城市的主政者體認到這點時，本文所提到之相關技術，其市場商機與使用之普及率也將越來越高。

