

# 國際宜居城市~零碳大臺中計畫

研究機關：臺中市北屯區戶政事務所 單位：行政課

研究人員：課員 范育慈

研究期間：103年1月28日至103年8月28日

中華民國103年8月29日

## 國際宜居城市~零碳大臺中計畫

### 一、緣起與目的

從不願面對的真相、加減 2 度 C，到明天過後、看見臺灣帶給我們的省思，隨著氣候變遷加遽，地球正在一點一滴的改變，排碳量不減，未來 30 年地球多處大旱，海平面若上升一公尺，全台將有 10% 國土會遭淹沒。環境保護、節能減碳實乃刻不容緩的議題，各國也紛紛想方設法打造零碳城市。丹麥一座不起眼的小島桑索島，製造的能源已超出消耗量；首都哥本哈根更誓言於西元 2050 年成為全球第一個零碳都市。「他山之石，可以攻錯」，「別人能，我們為什麼不能？」

臺中市位居中臺灣，氣候宜人，全年日照充足，地理環境依山傍水，相較臺灣其他縣市更具有發展零碳城市之優勢。如能建構大臺中為臺灣綠能、環保零碳示範城市，複製全國，臺灣成為綠色科技島將不是美夢！

### 二、問題的背景與現況

根據聯合國「跨政府氣候變遷小組(IPCC)」日前公布的最新氣候變遷報告摘要指出，在本世紀中期以前若能減少 40% 至 70% 的二氧化碳和其他溫室氣體排放量，才能將全球溫度平均升幅控制在攝氏 2 度以下。本世紀末若溫度升高攝氏 4.82 度，恐釀成全球嚴重災難。隨著今年 4 月 27 日行政院已決定核四安檢後封存，待公民投票通過後才會啟動，對我國未來長期用電勢必有所影響。行政院並確認核四封存後，未來一年全國節電百分之一（24.52 億度）的目標，從政府帶頭、產業參與及民眾自發三大方向落實。至此節能減碳應不只是口號，而是當務之急。

目前臺中市在市府團隊的努力之下，積極進行零碳城市發展計畫。包括鼓勵搭乘大眾運輸工具推出「市公車八公里免費」、建構「i-Bike 系統」推動「低碳運輸」、領先全國訂定「臺中市低碳城市發展自治條例」、推動「公有屋頂設太陽能光電」、規劃低碳社區、努力開發替代能源…等。2011 年獲環保署遴選為中部低碳示範城市，2012 年 ENO(Environment Online) 亞太年會上獲選為綠色城市，也是亞洲第一個獲得認證的城市。2013 年又榮獲國際宜居城市，可以說踏出成功的一步，但相較其他歐洲先進國家，還有很多的進步空間。

### 三、研究方法與內容

研究方法採文獻資料分析法，蒐羅有關低碳城市有關文獻理論及新聞資料加以整理、分析及歸納。

所謂“零碳城市”，就是組成城市功能的各個系統節能化，最大限度地減少溫室氣體排放的環保型城市，也可稱為“生態城市”。

發展零碳城市，整體規劃內容包括：

#### (一) 零碳交通

零碳交通運輸是一種以高能效、低能耗、低污染、低排放為特徵的交通運輸發展方式，目的在使交通基礎設施和公共運輸系統終極地減少以傳統石化能源為代表的高碳能源的高強度消耗。既要重視「節能」，更要把減排」上升到應有的高度。「零碳交通」是城市交通持續發展的必然選擇，不僅不會制約城市發展，反而可以增加城市發展的持久動力，並最終改善城市生活。

構建零碳城市交通體系，包括：

1. 減少交通負荷。城市內交通的總負荷=總出行次數×每次平均出行距離。具體來講可以從減少出行次數和減少出行距離兩方面考慮。比如，通過在家辦公減少出行次數，或將商店等生活設施設置在居住區附近，減少出行距離。
2. 利用智能交通資訊系統提高交通效率，最大限度削減無效碳排放。建設交通資訊服務系統，透過交通指南、交通網站、交通服務熱線、電台、電視台、可變信息標誌、手機、車載導航終端、觸摸屏等方式，提供交通信息服務，為不同的受眾群體選擇合適的出行方式、路徑、出入口和換乘方案。
3. 大力發展公共交通，限制小汽車的不合理使用。規劃形成以「軌道交通為主體，專線交通為骨幹，有效限制小汽車」的集約化交通方式結構，把能在小汽車當中享受到的通過公共交通顯現出來。
4. 重視新能源車輛的使用，控制廢氣排放。公共汽車及計程車是城市交通運輸行業能源消耗的主體，更是最大的碳排放源。如各項運具都能採用純電動、混合動力、燃料電池等新技術能源，將能大量減少地面交通的二氧化碳排放量。

## (二) 低碳建築~城市綠建築

所謂綠建築，(英語：Green Building)，是指提高建築物所使用資源(能量、水、及材料)的效率，同時減低建築對人體健康與環境的影響。消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物，擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」。

有關綠建築，一般認為，包括九大指標：

1. 風力發電：在頂樓架設風力發電設備，全天候 24 小時運轉，不受日落或陰雨天等氣候影響，風速 2 秒的微風即能發電，每座風力發電容量為 1,000 瓦，數量夠多時，可以支撐整棟建築物的公共用電。增加電力供給來源，相對節電。此種設備隱藏在頂樓的角落，從外觀看不出架設，節能又兼顧建築設計感。可說是風力發電走入家庭，又稱為「風動能源宅」。
2. 太陽光追蹤器：可有效運用太陽光。集光部的太陽光檢出用感應器自動追蹤系統，能一直追蹤太陽的軌道進行傳送，從日出到日落準確地捕捉不斷移動的太陽。特殊的透鏡聚集太陽光，經玻璃石英光纖傳導，並利用光焦點原理去除紫外線及紅外線對人體不良的光線，萃取出太陽光當中的可見光。只要光纖可以通達的地方，不論環境因素，均可充分得到優質的太陽光。白天室內可以不開燈，供應充足的照明。去除紅外線後的優質太陽光，不會產生熱能，所以不影響室內溫度，減少開冷氣。
3. 屋頂太陽能發電：太陽能是取之不盡，用之不竭的能源，太陽光照射到地球上一天的能量，就足夠全人類一年的使用，利用太陽能發電，電力直接儲存在蓄電池中，供應整棟建築部分甚至全部所需電力。
4. 節能複層玻璃：複層玻璃間填以惰性氣體或真空處理，保有高透光率可有效阻隔熱輻射、熱對流及熱傳導，大幅節省空調支出。
5. 內倒窗：獨特的通氣設計，形成自然風洞，利用溫差讓房子自然呼吸。兼顧安全及擦洗方便。當家中空氣較為混濁或濕熱時，內倒窗全開可快速促進室內外空氣對流，排出混濁空氣及降溫、除濕。內倒半開時，屋外冷空氣由上而下進入室內，而在

室內外空氣交互流動之下，熱空氣則由上方排出。獨特的開合設計，也令小偷無法自孔縫將把手轉開，直接避免了「開窗求流風，卻引賊盜偷」的問題。較傳統式窗戶較容易擦洗，不需要拆卸即可將內外二面清洗乾淨。

6. 透氣防水鋪面：雨水滲透到地下，作回收及儲留再利用，灌溉用水自給自足。發揮自然土層涵養水分的能力；有效確保地下水水位，雨水能滲透到地面，不會造成地面積水，還能保水、蓄水、充分涵養水資源。
7. 生態池：可以作大型的蓄水池，連接管道作灌溉用水，或如廁用水。
8. 通風設計：屋頂採隔熱材質，在最高點設通氣孔，讓屋內因煙囪效應集中的熱氣排出。接近地面牆上設出氣孔，產生對流效果。
9. 生物多樣性：保全蚯蚓、蟻類、細菌、菌類之分解者、花草樹木之綠色植物生產者以及甲蟲、蝴蝶、蜻蜓、螳螂、青蛙之較初級生物消費者的生存空間。唯有顧全「生態金字塔」最基層的生物生存環境，確保這些基層生態環境的健全，才能使高級的生物有豐富的食物基礎，促進生物多樣化環境。
10. 建材減費原則：建築物的材料儘量使用可回收再利用的材質，例如樑柱採用重型鋼，不但生產過程所消耗的二氧化碳較低，且耐震效果強。

### (三)發展零碳能源(Low Carbon Energy)

零碳能源是指利用過程中產生較少二氧化碳等溫室氣體的能源。國際上通常將煤炭、石油、天然氣等化石能源稱為高碳能源和傳統能源，因為它們單位能量中產生的二氧化碳量遠高於其它能源。對應地，風能、太陽能、氫能、潮汐能、波浪能、生物質能、地熱能等統稱為低碳能源。發展零碳能源的實現途徑包含，穩步發展風能、突出發展太陽能、大力發展生物質能及加強開發海洋能等。

### (四)打造零碳社區

仿效英國模式打造零碳社區。英國在零碳社區的發展推動上，有許多卓越的表現令人刮目相看，或也值得我們效法。在英國，有 27%的

溫室氣體排放，源頭是來自於其國內的 2,100 萬戶的居民住宅。有鑑於此，該國按住宅的節能和環保程度，將它們劃分為 6 個星級，除作為政府評估管理的基準，並提供民眾在購屋選擇上能有標準化評估規範的參考依據。由 StewartMilne 建築開發商推出的「西格馬住宅 (Sigma Home)」，率先推出英國的首棟零碳排放住宅房屋設計。這棟住宅中所有的家用電器能源設施設備，包括電視電器、廚房烹調設施、暖氣系統、熱水供給系統和通風系統的能源消耗，均可接近到零碳排放的指標，獲頒英國政府的第一張“零碳排放”住宅證書。西格馬住宅是利用可再生能源發電，住宅的屋頂上裝設有太陽能熱水器和渦輪式的風力發電機；並衡量真實生活的舒適及便利性上，設計完善廢水循環利用-流暢的規劃洗衣、洗澡、洗手等產生的廢水可用來沖洗廁所後，經過濾處理循環利用，而從斜屋頂上流下來的雨水，可導入至花園內的一個集水桶中，收集的雨水則可用於花園的澆花和灌溉。另一方面，從建築物理設計上，為能有效隔絕建築南面的陽光熱線，特地在面南的窗戶上安裝三層的真空玻璃，而牆壁夾層以填充羊毛作為隔熱層，目的就是盡可能的減少冬季熱能的流失和夏季的熱輻射。除此之外，為確保冬暖夏涼的舒適度，設置有熱量感應器控制的通風孔自動開關，作為調節室內溫度適宜性；在降低水資源的消耗上，水龍頭和花草灑水器則採用低速流動水，降低水的流量；在空間格局上，該住宅兼顧了居住及辦公的雙重用途，將一樓設計一個可作為獨立的公寓，或辦公室的空間使用，可減少居民在交通成本上的花費及更減少車輛使用所造成的高污染碳排放。而預鑄框架式的牆體和屋頂設計，除可規格化的符合環保標章，更可比傳統的磚造住宅，縮短許多的建築週期；也為一般的四人家庭，節省了每年約 800 英鎊的能源開支。另外，早在西格馬的新型態住宅推出之前，英國倫敦南方貝丁頓區，曾是荒蕪廢棄的污水處理廠遺址上，有一處象徵未來低碳社會的生態社區~貝丁頓社區 BedZED(Beddington Zero Energy development)為倫敦最大的房屋協會 Peabody Trust 所開發，完成時間是 2002 年 9 月，完成面積 3000 平方公尺，共 82 戶的商業、居住、工作空間單元。該計畫獲得十幾個建築、永續、能源等設計獎項，成為英國甚至世界各地零碳排放社區和生態建築發展的典範佳作。基

本的核心理念是利用地球可再生的資源，在不犧牲現代化的生活模式，並且抗衡高房價的市場預算下，提供一處永續生活模式的新型態住宅。不論工作及生活都試圖以一種接近零碳排放的方式規畫，除在建築內部的使用者考量上，可以減少熱能、電力以及水的需求，降低暖氣的需求，減少水資源的損耗，以綠色的空間和陽光、空氣及水的永續環境考量，為住民提供了一個健康的內部環境。更同時周全的考量到使用者以外的地球環境資源的永續性，結合以仿生學(Biomimicry)的營建研發技術為主的團隊，在建築的材質與功能設計上，都選擇最低度的環境影響為主，且未來拆遷後可回收再利用，以減少過去營建產業在碳排放上居高的負面效應。為了讓生態社區能夠真正符合自給自足的零耗能、低碳排的理念，在社區建構一處沼氣生質能的汽電共生站(CHP)。配合陽光、空氣及水的永續環境設計理念，構成一簇系統性、可再生的節能低碳建築群，完成社區內的熱與電能的需求自給夢想。安裝太陽能板、朝南的建築格局、開窗採大面積的落地窗設計以達到光與熱的舒適環境。在屋頂設置花園，除有助於防止冬天室內的熱量散失外，在春夏搖身一變成為美麗花園焦點。一場雨過後，社區旁蓄滿雨水的生態池，是社區災防與涵養水源最佳公共自然生態資源。而社區的每個家戶也都設置有雨水收集截留設備及中水循環再利用的系統設計。充分的將水資源循環再利用，運到各種生活需求上，如沖馬桶的水及花園灌溉用水等。在生活細節上，住家電器設備都使用歐盟合格的低耗能產品，廚房則設置廚餘儲藏櫃以利進行循環使用。設計鼓勵步行和騎腳踏車、外出更有全社區的綠色共乘俱樂部和公共交通系統；而為了要讓更多的人可以在家工作，社區中規劃的各種辦公空間和住宅高科技網路設施，則是進一步營造了一個未來生活的理想社區。為了減少運輸所帶來的負面環境效益，社區建材絕大部份都在半徑 35 公里的範圍內取得。在該社區的營建材料選擇上，也都是以標榜著可回收再生及低耗能的環境友善設計為原型。據估計英國每家戶在營建業的耗能碳排放上佔有 29%，但在貝丁頓社區的營建材料與興建過程中僅每一戶僅佔 2-3%的碳排放量。以上兩個英國的示範計畫，應該讓我們獲得了不少回饋。

#### 四、研究發現與結論

綜上所述，檢視零碳城市各個指標，可以發現，建設大臺中邁向國際宜居之零碳城市，必須從零碳交通、零碳建築、零碳能源、零碳社區，乃至零碳生活、零碳觀念及零碳教育各方面加強，可說是：「革命尚未成功，同志仍須努力。」

(一)零碳交通，尚未起步：市內行駛的公共運輸機具，目前仍以燃油車輛為主，電動車不普及，市區內交通壅擠，機車、汽車數量眾多，相對造成大量地二氧化碳排放及空氣汙染。

(二)零碳建築：缺乏指標性的綠建築。

(三)零碳社區：大宅門特區目前尚在規劃階段。

(四)零碳能源發展：各種再生能源的推廣，僅在起步階段，未見積極發展。

其實臺中市依山傍水，得天獨厚。相較北部都市，日照充足，光電產業發達，有足夠的條件可以發展太陽能。沿海地區可以發展風能、潮汐能。我們千萬不能辜負上帝的美意。低碳之路，千頭萬緒。當務之急，不妨借鏡首屆「歐洲綠色首都」大獎得獎城市~瑞典首都斯德哥爾摩作法，先從「轉化廢棄物成可用資源」以及「倡導使用潔淨能源」二方面著手，實現一套完整的資源回收以及再生能源計畫，按部就班地實現零碳城市，相關作法簡述如下：

(一)轉化廢棄物成可用資源：瑞典法律禁止包括對有機物掩埋等丟棄行為，因為這是可回收的資源。一方面可以製造成肥料，另一方面則同樣可以產生生質沼氣。廢棄物轉化為生活必需的熱能一直是政策。具有先進科技加持的廢水處理廠，能夠在廢水處理的過程中，將生質沼氣（biogas）提煉出來，供私人轎車、計程車以及公車使用，污水中的熱能則供應都市供暖的需求。這種作法，一言以蔽之，其實就是「回收、回收、再回收」，把垃圾轉化成一切可用的資源。

(二)倡導使用零碳能源：斯德哥爾摩市大力推動潔淨能源。當前，使用潔淨能源的汽車已佔銷售量的40%。2009年，斯德哥爾摩全數的市內公車採用生質甲醇或是生質沼氣，50%的垃圾車以及40%的計程車採用生質沼氣或是混合能源車(hybrid)。斯德哥爾摩為建立電子通訊的傳輸效率，從1994年即開始鋪設光纖電纜，至今

已埋設總長度 120 萬公里的光纖電纜。其所產生的熱能亦可以大加利用，像是當地歐司翠里爾小學（The Ostra Real upper econdary school）便蒐集地底下光纖線路傳輸時產生的熱能，在夏天全時供應全校熱力所需，即便在冬天，也能供應所需 10% 的熱能。

藉由上述作法，斯德哥爾摩市成功的將人均溫室氣體排放量降到瑞典一般民眾的 50%，並與 1990 年相較降低了 25%。她的經驗告訴我們，城市環保工作並沒有想像中的困難，垃圾分類回收的效益不容忽視，無論是堆肥還是焚化都能夠產生人們生活所需的能源，甚至連光纖傳輸所產生的熱能都不放過。

## 五、建議事項：

### （一）立即可行之建議

1. 低碳生活與教育：低碳生活必須從日常生活中做起，促進民眾參與，鼓勵和提倡人們在日常生活中厲行節約，盡可能降低能耗。推廣綠色消費及健康蔬食。同時向下扎根，推廣校園環境教育，由低碳家庭延伸到低碳城市。
2. 落實強制分類與垃圾回收，垃圾從源頭減量，把垃圾變黃金，資源循環回收再利用。北歐國家瑞典，在各超市賣場設置保特瓶自動回收機器，保特瓶投入機器後，自動兌換回收獎勵金，回收機制方便又有效率。
3. 落實環境綠化：增加綠化量及綠覆率，提高 CO2 減量效果，符合零碳城市基本要求，淨化城市空氣品質，強化都市基盤水土保持功能，沿海地區進行防風林木麻黃等綠化造林。
4. 沿海地區如大安區、梧棲區設置大型風力發電機，規劃為風力公園，結合觀光發展，增加民眾對於綠色能源發展之印象。
5. 發展低排碳公共運輸系統
  - （1）持續推動捷運建設與台鐵捷運化，增加公共運輸的使用率，減少對小客車使用的依賴。
  - （2）公共運輸系統逐步汰換高耗能的燃油車，使用高效率、低排放的省能運具環保電動巴士，落實綠色運輸。
  - （3）鼓勵市民轉買電動汽、機車，停車場設電車充電站，提供電車免

費的停車空間及免費充電等各項誘因或電池採租用，到充電站直接更換電池，增加便利性。

(4)設立公共電動機車站:24小時營業，有駕照皆可使用，機車停車格當充電站，大幅減少燃油機車購買的必要性。

(5)觀光地區結合自行車道設置，普及自行車。

#### 6. 推廣綠建築:

(1)新建辦公廳舍一律採用綠建築設計，現有公務機關逐步增加綠建築相關設備，如:安裝小型風力發電設備，利用風能與風對流的中央空調設計，營造舒適的自然通風環境，源源不斷地將新鮮空氣導入到每一個空間；改用節能複層玻璃及內倒窗；裝設太陽光追蹤器，有效利用太陽光，提供日間照明用電所需，上述方式，皆可減少開冷氣，大幅減少電力消耗。屋頂增設太陽能板，雨水回收系統，以求基本的用電用水能自給自足。

(2)私人建築物或民間社區符合綠建築標準，頒發節能住宅證書，給予建造人減低稅負或優惠貸款利率其他補助措施，鼓勵興建綠建築。

#### (二)長遠性建議。

1. 建立低碳交通工具運行基礎設施，建置大臺中低碳路網。

2. 訂定「本市低碳建築設計準則」，建築材料及工法必須低碳排並設置太陽能板、蓄電房、雨水及廚餘回收系統。新建建築物取得綠建築標章的比例及民間重大投資案取得建築標章，以達到100%為目標。結合本地光電產業，補助公共建築、中大型社區及透天厝廣設太陽能板。利用太陽能加熱日常盥洗用水，再把太陽光能轉換成電能，百分百提供社區或室內用電。如有多餘電力，再轉賣給電廠。不但可促進在地光電產業繁榮，還可解決本島供電吃緊的窘境。

3. 鼓勵再生能源，整合光、水、儲能系統:設置技術最先進的垃圾零廢棄設施，處理無法再分選回收之垃圾，達到垃圾零輸出之目標；建立資源回收系統、掩埋場沼氣回收利用、焚化爐底渣再利用、水肥處理、生活污水再利用、廚餘堆肥系統建置，不但可以作堆肥發展有機農業，還可以作生質燃料，引進鍋爐燃燒後產生甲烷，轉換成電能或熱能，變廢為寶。雨水回收系統，可直接使用於綠化澆灌

用水或其他次級用水水源，提高地面及地下水庫收集雨水及地下逕流水效能，擴充水庫蓄水、供水能力。

4. 仿照英國貝丁頓社區規劃為低碳生態示範社區。賡續擘劃本市大宅門特區為低碳生態示範區，完成後相信會成為本市甚至全國新亮點。
5. 積極發展火力發電零排碳技術。煤炭發電向來被視為最便宜、但最不乾淨的發電方式，若能提高煤炭轉換效率，減少二氧化碳排放，發展二氧化碳封存技術，讓火力發電也可能做到零排放、零污染。目前鄰國日本已積極推廣最高效率燃煤火力技術，相信不久的未來，火力發電也能做到零排放。

萬事起頭難，但這一步我們必須跨出去！誠如胡市長所言：「低碳生活不是政策選項，而是全人類共同得必然依歸。」臺灣在工業化、科技化蓬勃發展的同時，環境也遭受到嚴重的破壞，為了讓子子孫孫可以在這美麗的寶島永續生存，快樂成長，打造低碳城市，我們每一個人均責無旁貸。「許下一代一個美好的未來吧！」「今天不做，明天就會後悔！」

## 六、參考文獻

1. 低碳交通(台灣 WIKI) (n. d. ) 。07/21/2014，引自 <http://www.twwiki.com/wiki/%E4%BD%8E%E7%A2%B3%E4%BA%A4%E9%80%9A>
2. 李麗雯(2010, Jan, 15)挑戰零碳的居住革命-西格馬住宅和貝丁頓社區。07/21/2014，引自 <http://e-info.org.tw/node/51124>
3. 綠色建築(維基百科)(2014, May, 28) 。07/21/2014，引自 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%B6%A0%E8%89%B2%E5%BB%BA%E7%AF%89>
4. 風過無痕(2011, Oct, 14) 。零碳城市(搜狗百科)。07/21/2014，引自 <http://baike.sogou.com/v7882977.htm>
5. 蔡百蕙(2014, April, 9) 。廚餘再利用 瑞典沼氣公車夯(中時電子報)。07/21/2014，引自 <https://tw.news.yahoo.com/廚餘再利用-瑞典沼氣公車夯-220058294.html>

6. 經濟部能源局(n. d. ) 。澎湖低碳島計畫。07/21/2014，引自 <http://www.re.org.tw/PengHu/index.aspx>
7. 太陽光追日採光系統(n. d. ) 07/21/2014，引自 [http://song-mao.com/top07\\_01\\_08.htm](http://song-mao.com/top07_01_08.htm)
8. 黃欣(2014, June, 6) 。歐洲綠能電力過剩 發愈多補貼愈多 今夏可能面臨減產 。07/21/2014，引自 <https://tw.news.yahoo.com/歐洲綠能電力過剩-發愈多補貼愈多-今夏可能面臨減產-125954367.html>
9. 低碳能源(MBA 智庫) (n. d. ) 07/21/2014，引自 <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E4%BD%8E%E7%A2%B3%E8%83%BD%E6%BA%90>
10. 綠建築：風力發電將走入家庭(2010, June, 15) 07/21/2014，引自 <http://jeff-tour.blogspot.tw/2010/06/blog-post.html>
11. 倪世傑(2010, June, 28) 。斯德哥爾摩的綠色都市治理 07/21/2014, 引自 <http://www.lihpao.com/?action-viewnews-itemid-40064>
12. 彭厝國小(n. d. )綠建築概念。