

# 德國提升能源效率策略 與應用技術

▶ 專案5部 林文祥

因應全球氣候變化綱要公約京都議定書的發展趨勢，世界各國無不致力於提升能源使用效率之發展與推廣應用。亞洲生產力組織(Asia Productivity Organization, APO)成立於1961年5月11日，目前有20個亞太地區會員體參加，致力於提升亞太地區各會員國的經濟競爭力及生產技術。有鑑於全球能源日益枯竭且價格高漲，亞洲生產力組織為提升各會員國的能源使用效率及降低溫室氣體排放，於2009年9月28至10月2日在德國柏林舉辦「能源效率研修團」，邀請各會員國代表參訪德國聯邦經濟及技術部與環保署，瞭解德國及歐盟各國推動提升能源效率策略，並藉由現場參訪實際執行提升能源使用效率的廠區及機構，觀摩工業與建築物的能源使用效率及再生能源方面，德國的實際執

行方法及經驗。本文謹就德國推動提升能源效率的策略及建築物部門實際導入應用的作法，介紹德國推動提升能源效率的經驗。

## 一、提升能源效率策略

### 1. 歐盟建築物部門節能潛力分析

依據歐盟統計資料顯示，歐盟各國在建築物部門的最終能源消費約占40.4%，依據各國提出之建築物能源有效利用策略，預估其節能潛力約為28%，可以降低歐盟11%的最終能源消費量。

### 2. 德國建築物耗能分析

依據德國統計資料顯示，在建築物各項能源設備的能源消費占比(圖1)中，以暖氣(Heating 78%)及熱水(Hot Water 9%)兩項的年耗用量最高，因此德國政府針對上述兩項設備，積極推動能源有效利用的各項策略。

### 3. 歐盟推動能源效率政策的框架與目標

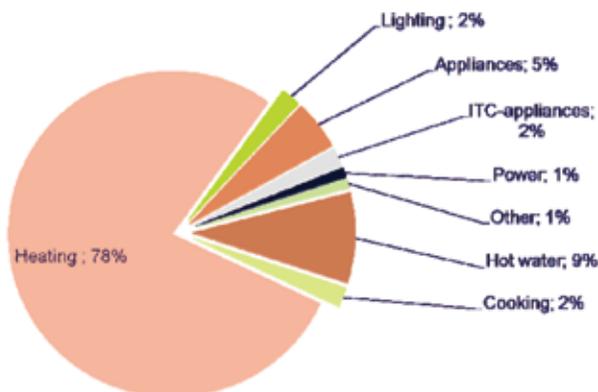
(1) 因應京都議定書：2020年推動3項20%政策

- 歐盟強制要求至2020年降低20%溫室氣體排放量
- 至2020年能源使用效率提升20%
- 主要消費能源，至2020年採用20%再生能源

(2) 歐盟標章的執行措施

- 能源產品使用指令(EuP)

Energy consumption of households in Germany



Source: Potentiale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Entwicklungen 31.08.2007

圖1 德國建築物能源年耗用占比分析圖



- 推動再生能源指令(RES)
- 歐盟建築物能源使用效率指令(EPBD)

### (3) 國家能源效率行動方案

- EnEV 09

歐盟各國的政策，建築物部門盡速提升能源使用效率及再生能源應用技術，各國間密切配合及交流，降低各國能源使用量及溫室氣體排放量。

### 4. 建築物部門已執行之能源政策

2003年1月起，歐盟開始推動歐盟建築物能源使用效率指令(EPBD)，針對新建及既設建築物，提出能源使用效率查證程序，訂立建築物年耗用效率參考基準，藉由建築物外殼隔熱性與設備及系統的運轉效能等查證模式，評估建築物能源使用效率。針對建築物提升能源效率的節能改善措施，分析其節能潛力及改善技術能力需求程度，提供各界評估節能改善優先順序。其中以改善建築物外殼隔熱、小型燃油熱電整合系統、高效率照明系統及能源管理系統等，均是節能潛力高及技術能力需求不高的改善措施。

德國政府自1990年推行能源有效利用政策，至2005年德國經濟成長25%，但是主要能源使用量並未隨經濟成長而增加使用量，反而降低約5%的能源使用量。比起其它經濟成長的國家，主要能源使用量與經濟成長呈等比例的成長，其推動能源有效利用的策略值得其它國家學習。

德國聯邦政府各部會推動能源有效利用(Energy Efficiency)的任務分配如下：

- (1) 經濟與技術部：主導能源有效利用相關政策推動。
- (2) 交通、建築物、都會部門事務：交通業務及建築物部門能源有效利用相關業務。

- (3) 環保署：氣候變遷議題。
- (4) 財政部：租稅獎勵優惠議題。

德國聯邦政府推動能源有效利用(Energy Efficiency)的政策簡述如下如下：

#### (1) 電器產品：

- 推動電器產品能源效率標章分級標示制度
- 推動電器產品待機耗電從2010年起降至1W以下
- 分階段禁用白熾燈
- 推動辦公電器產品採用”能源之星(Energy Star)”產品

#### (2) 建築物能源效率：

- 訂立新建築物及既有建築物更新之能源效率管理條例，自2009年10月起，比既有建築物之平均能源效率提升30%。
- 預定自2012年再提升30%。
- 建築物外殼隔熱及加熱系統需符合EnEV標準。
- 加熱系統煙囪加強清除煙灰以提升能源使用效率。
- 既有建築物獎勵投資提升能源使用效率，至2011年止，每年編列15億歐元，提供建築物提升能源使用效率更新工程的低利貸款。
- 提供建築物提升能源效率1~2天現場診斷評估費用，最高補助80%。
- 提供建築物提升能源效率10天現場診斷評估費用，最高補助60%。每年提供約5000件現場診斷評估費用補助，平均補助比例50%，每件補助約為為360歐元。

- (3) 根據德國聯邦環保署的統計資料顯示，自1990年推動提升能源使用效率政策，至2005年統計CO<sub>2</sub>排放量已減少16%，預計至2020年的目標為降低

Policies for Energy Saving

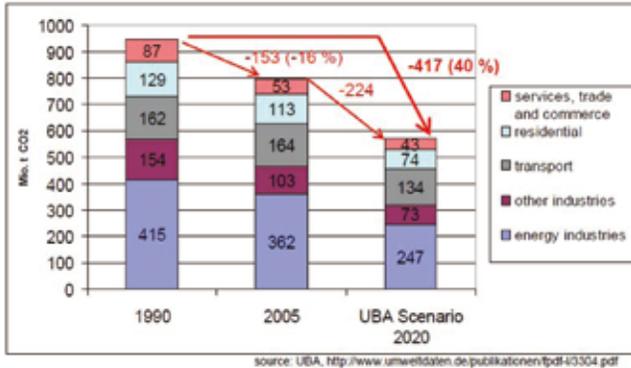
**Energy related CO<sub>2</sub>-Emissions:  
reduce by 40 %!**


圖2 德國聯邦政府推動能源效率措施之降低CO<sub>2</sub>排放量統計圖

40%(圖2)。

## 二、提升能源效率應用案例觀摩

在提升能源效率的應用技術方面，德國地處於溫帶氣候，夏季空調冷氣需求較低，但冬季暖氣需求量非常高，由圖1的德國建築物能源耗用占比分析圖中顯示，暖氣需求高達78%，熱水的需求也有9%。因此德國政府積極在發電廠、大型科技園區、小型複合式廠區、社區及醫院等區域，推動區域熱電整合系統(Combined Heat and Power Generation，簡稱CHP)，充份利用燃料發電的餘熱，供給週邊建築物暖(冷)氣所需的熱水，不僅可以提高發電廠的熱效率，同時也降低週邊建築物暖(冷)氣所消耗的能源。另外藉由改善建築物外殼的隔熱保溫，並善用綠化環境以降低夏季空調負荷，提高能源使用效率。

### 1. Berlin Mitte熱電整合電廠

Berlin Mitte熱電整合電廠為建置於柏林市區，四週圍散佈至住宅及商店，很難想像發電廠可以如此靠近住宅與商店區，足見電廠廠區的隔音效果及污染防治做得相當完善，也因為廠區臨近住宅及商區，其燃氣渦輪機發電機組產生

的高溫排氣廢熱，導入廢熱鍋爐產生高壓蒸氣，推動蒸汽渦輪機發電，提高燃油發電效率。另外充分利用廢熱鍋爐後的低溫燃氣餘熱、渦輪機組的冷卻熱及蒸氣冷凝熱回收加熱熱水，提供附近居民所需的暖氣熱源。根據該廠的統計資料顯示，燃油的發電效率48%，熱能回收再利用也高達42%，煙囪的排氣熱損失僅有10%左右，為一般發電廠能源使用效率的2倍左右，能源使用效率非常高。

### 2. Adlershof 科技園區

Adlershof 科技園區為鄰近柏林的新興科技園區，園區內有IT、媒體、生物科技、太陽光電、材料等科技產業外，同時也將大學及研究機構納入園區，為產學整合的高科技園區，園區規劃時，即導入區域暖房觀念，園區內所需的電力、熱能，統一由園區動力中心提供，為一熱電整合相當成功的科技園區，其推動提升能源效率的措施如下：

- (1)管理中心建築物外圍採用太陽光電模組，阻絕熱源直接進入室內，利用太陽光熱產生電力，園區內有多家世界知名的太陽光電製造商進駐，可提供實驗場所試驗產品性能。
- (2)動力中心採用燃氣渦輪發電機組及廢熱鍋爐整合系統，除發電供應園區所需電力外，並提供廠商所需之熱水，熱水除了提供暖氣使用外，也可為夏日吸收式冰水機組的熱源，其熱水供管路長達十幾公里，為大型熱電整合系統的成功案例。

另外參訪位於Adlershof 科技園區的醫學藥劑研究中心大樓(Institute of Physics)，該棟大樓採用綠建築概念，大量利用植物覆蓋在建築物外圍，降低空調負荷，其執行的節能措施如下：



- (1)建築物外牆種植綠色植物，阻絕太陽日照熱能進入室內。
- (2)建築物屋頂種植綠色植物，阻絕太陽日照熱能進入室內。
- (3)收集雨水儲存於地下儲槽，提供綠色植物灌溉用水。
- (4)建築物中庭設置生態水池，夏日利用水池蒸發，降低環境溫度。
- (5)利用雨水與室內排氣的絕熱蒸發以降低排氣溫度，並與新鮮外氣熱交換，降低進氣溫度，減少空調負荷。
- (6)充分利用動力中心提供的熱水，冬季應用於暖氣供應，夏季則使用吸收式冰水主機，供應大樓空調所需冰水。

### 3. Ufa Factory 社區

Ufa Factory為一小型集合住商混合社區，社區內主要以住宅為主，少部分為小型營業場所(超市及餐廳)，原本能源使用為外購電力及燃油熱水鍋爐為主，原外購電力每年約為400,000kWh，2003年起導入熱電整合系統，建置50及88kW燃油發電機組後，外購電力減少75%，燃油發電機組的冷卻水，提供社區暖氣的熱能來源，其推動節能措施如下：

- (1)導入熱電整合系統，建置50及88kW燃油發電機組，回收發電機組冷卻水熱能100及190kW，供社區居民暖氣使用熱源。
- (2)電腦化電熱整合系統，自動調節外購電力需求。
- (3)雨水收集利用，每年可收集約40,000m<sup>3</sup>雨水，供社區廁所及綠化灌溉所需的水資源。
- (4)導入高效率氣氬燈具取代傳統燈泡，提升90%的燈具使用效率。
- (5)導入太陽光電系統。
- (6)綠化社區環境以降低環境溫度。

### 4. 柏林生物科技園區

柏林生物科技園區為生物科技、媒體科技、製藥業及化工業等產業的科技園區，園區面積並不大，為一小型區域暖房整合園區。園區內所需之電力、蒸氣、熱水、冰水及壓縮空氣等公用動力源，統一由園區動力中心供應。

園區動力中心採用柴油動力引擎帶動發電機發電，發電機產生的高溫廢氣，導入廢氣鍋爐產生蒸氣及熱水，供應園區所需的蒸氣及熱水，園區無塵室生產區所需調節生產環境的冰水，則藉由熱泵系統及吸收冰水主機，充分利用冷熱能，提升區域動力中心的能源使用效率。

園區動力中心採用委外建造及操作經營方式，2005年起與MVV工程公司訂立長達16年的契約方式，由MVV工程公司投資約150萬歐元建置動力中心，供應園區53,000m<sup>2</sup>廠房所需的公用動力源，每年提供的動力源包含：20,000MWh電力、40,000噸蒸氣、6,000MWh冷能、2百萬Nm<sup>3</sup>壓縮空氣、1.4百萬Nm<sup>3</sup>氮氣及90,000m<sup>3</sup>飲用水。MVV工程公司除了操作管理外，另需負責設備及管路系統的維修，確保園區公用動力供應無虞。本專案為能源技術服務業者與生產園區合作供應動力源的最佳案例，由專業能源技術服務業者提供安全穩定的動力源，另外整合熱電系統以提供能源使用效率，降低園區業者支付動力源的費用，為能源技術服務業者推動提升能源使用效率最佳案例。

### 5. 高效能源屋(Plus Energy House)

高效能源屋設置於柏林車站前廣場，由聯邦政府、交通部及住宅部門出資建立，能源屋內採用先進的節能技術，其加熱能源需求量為12kWh/m<sup>2</sup>-yr，實地建置應用並派員解說，提供民眾能源使

用效率的先進知識，其提升能源使用效率的技術說明如下(圖3)：

- (1)建築物外表及內部，採用可再生利用的當地木材(OAK)
- (2)建築物外殼採用纖維材質隔熱材，增加建築物隔熱效果
- (3)窗戶及門採用雙層真空隔熱玻璃，減少玻璃熱能損失。
- (4)窗戶外圍增加可調角度的百葉窗，百葉窗的葉片上並裝置太陽光電板，除了阻絕過多的光與熱源進入屋內外，並可產生部分電力使用。百葉窗的葉片角度可以調整，隨季節或氣候變化調整，控制建物外部日照進入室內的熱負荷。
- (5)通風系統：在排氣與進氣處，設置熱交換器回收排氣熱能，回收率可達80%，採自然/強制機械式兩用式通風控制室內換氣。
- (6)熱水系統：於屋頂設置太陽能熱水器與儲槽，以太陽能熱能提供熱水所需熱能，並輔以空氣/水對水兩用型式熱泵系統並聯應用。
- (7)太陽光電：屋頂設置9.6kWp + 建築物外表(百葉窗葉片)2.1kWp + 走廊屋頂1.6 kWp
- (8)冷熱能調節：空氣/水對水兩用型式熱泵系統

#### 6. 德國環保署

德國各部門積極的推動提升能源使用

效率政策，同時也從自我做起，聯邦環保署新建大樓，導入許多的能源有效利用措施，簡述如下：

- (1)建築物中庭採用溫室概念設計，大量引入日照以降低暖氣需求
- (2)建築物中庭採用溫室屋頂窗戶，可依室溫設定，自動開啟通風以降低室溫
- (3)建築物中庭採用溫室屋頂玻璃，設置太陽光電模組。
- (4)建築物中庭採用溫室屋頂玻璃，大量引入日光，降低內照明用電。
- (5)建築物中庭採用溫室屋頂，設置遮陽簾，可依室溫設定，自動調節遮陽面積。
- (6)各大樓之出入口大門，定時控制開啟時間，控制外氣換氣量。
- (7)中庭設置水池，利用水分蒸發降低環境溫度。

### 三、結語

德國政府近幾年來積極推動再生能源及高效率用電器具政策，同時亦以政策導入能源技術服務業者協助落實提升能源效率，尤其在科技園區或小型工業區的動力中心部份，規劃即納入區域整合熱電系統，提升區域能源效率，另外在建築物的節能改善部份，也充份利用建築外殼設計引入日照，降低室內暖氣需求。國內推動節約能源及提升能源效率的策略，可以參考德國政府推動再生能源、區域整合能源系統及提升能源效率的經驗，達成節能減碳的預期目標。∞



建築物外表可調式隔熱/光百葉窗



建築物外表百葉窗上太陽光電模組



建築物外表纖維隔熱材



雙層真空隔熱玻璃

圖3 能源屋提升能源效率設施照片