2016 年 IEA 能源效率市場報告

—IEA 提出能源效率政策進展指標以追蹤各國能效規範進展

林華偉

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

國際能源總署(IEA)發布 2016 年能源效率市場報告(Energy Efficiency Market Report, EEMR) [1]，報告摘要如下：

1. 2015 年全球能源密集度改善 1.8%，至少要年均改善 2.6%才能達成 2℃氣候目標；
2. 中國大陸是全球能源效率進展的主力；
3. 為追蹤強制性政策之進展，IEA 提出能源效率政策進展指標(Efficiency Policy Progress Index)，並以 Bottom-up 估計能源效率投資金額；
4. 強制性能源效率政策是改善能源效率的主要驅動力，不過要再加強以達成全球減碳目標；
5. 石油和天然氣價格下跌，強制規範標準仍帶動能源效率投資成長，建築占能效投資半數以上；
6. 跨業併購、新技術運用、公用事業創新商業模式促進能源效率服務市場成長；
7. 化石燃料價格下跌可能減緩電力取代化石燃料的技術替代進度，IEA 建議要加強耗能設備的最低容許耗用能源基準(MEPS)、加速翻新舊建築、導入激勵能源效率投資的市場工具、反映能源使用的經濟、社會和環境成本。

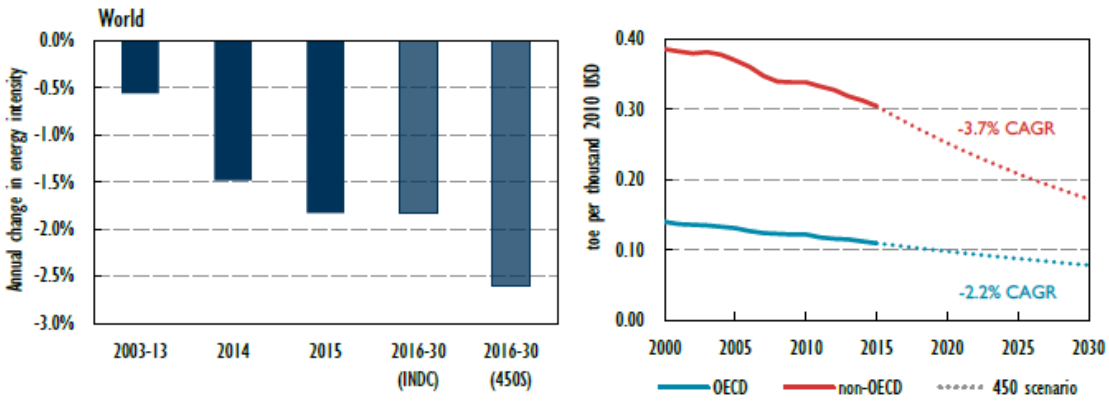
關鍵字：能源效率、能源效率投資、IEA、能源效率政策進展指標

一、全球能源效率進展

(一)全球能源密集度加速改善，但仍不夠快

儘管能源價格下降，2015 年全球能源密集度(初級能源總供給/GDP)較前一年降低 1.8%，改善幅度是 2003-2013 年平均降幅 0.6%的三倍，如圖 1 左小圖。

依照各國提出國家自主貢獻(National Determined Contributions, NDC)的努力，2016-2030 年全球能源密集度年均降幅和 2015 年相同。IEA 認為這步調不夠快，未來 15 年全球能源密集度至少要年均改善 2.6%才能達成 450 情境的 2℃氣候目標。



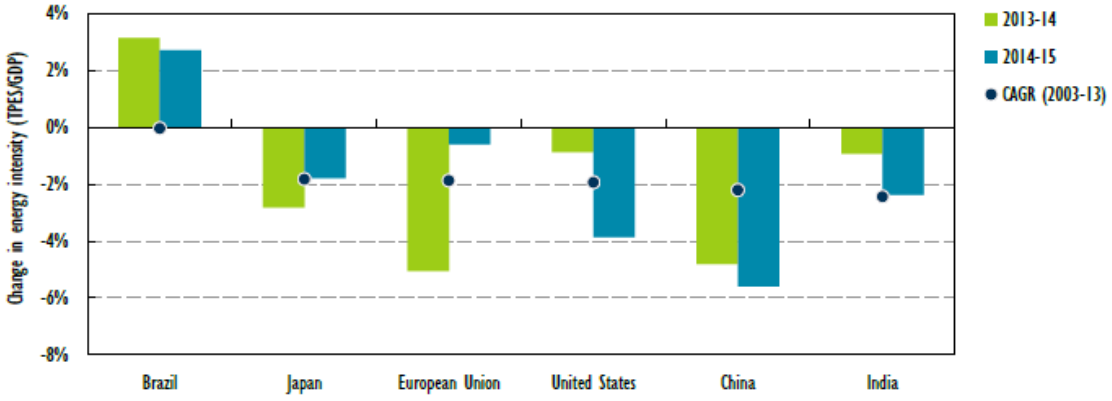
資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 1、2003-2030 年 INDC 情境和 450 情境的能源密集度變化

圖 1 右小圖顯示，目前 OECD 國家能源密集度是 0.11 公噸油當量/千美元，non-OECD 國家是 0.3 公噸油當量/千美元。為了達到 2℃氣候目標，2030 年 OECD 國家能源密集度要降到 0.08 公噸油當量/千美元以下，年均改善 2.2%，non-OECD 國家要降到 0.175 公噸油當量/千美元以下，年均改善 3.7%。

(二)全球能源密集度快速改善主要來自 non-OECD 國家，尤其是中國大陸

圖 2 顯示 2003-2015 年若干國家的能源密集度改善情況。2003-2013 年中國大陸、印度、日本、歐盟和美國年均改善大致在 2%水準，2013-2015 年中國大陸改善程度明顯優於其他國家。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

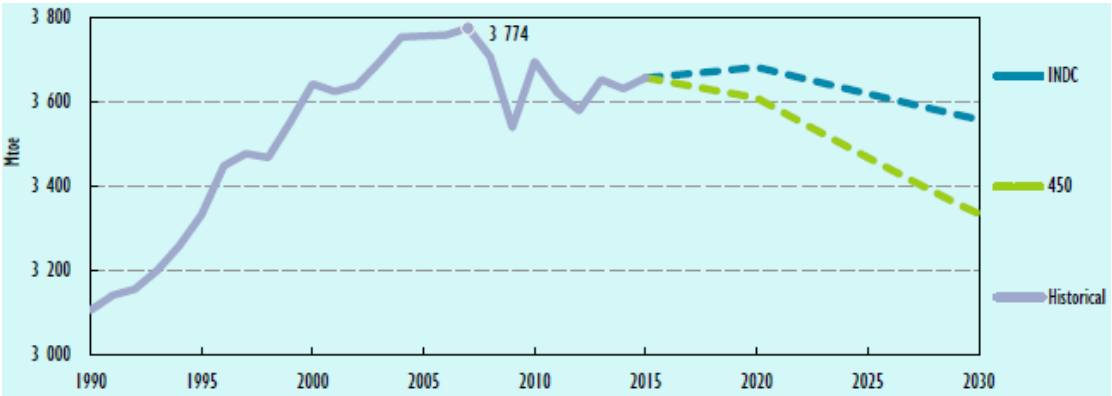
圖 2、2003-2015 年主要國家能源密集度變化

(三)能源密集度改善可滿足全球能源服務需求成長量的 2/3，其餘 1/3 由實際的初級能源供應

2015 年全球經濟成長需要增加 3.66 億公噸油當量能源服務需求。由於能源密集度大幅改善，2015 年初級能源實際只要增加 1.09 億公噸油當量即可滿足全球經濟成長，等於是省下了 2.57 億公噸油當量的初級能源需求。

(四)OECD 國家可能過了能源消費高峰

OECD 國家最終能源消費在 2007 年達到 37.74 億公噸油當量高峰，2015 年消費水準與 2002 年相當。IEA 在 2015 年全球能源展望(World Energy Outlook 2015)估計 INDC 情境和 450 情境下 OECD 國家能源消費不會重回 2007 年水準，450 情境下 2030 年消費水準甚至比 2007 年低 12%，如圖 3。

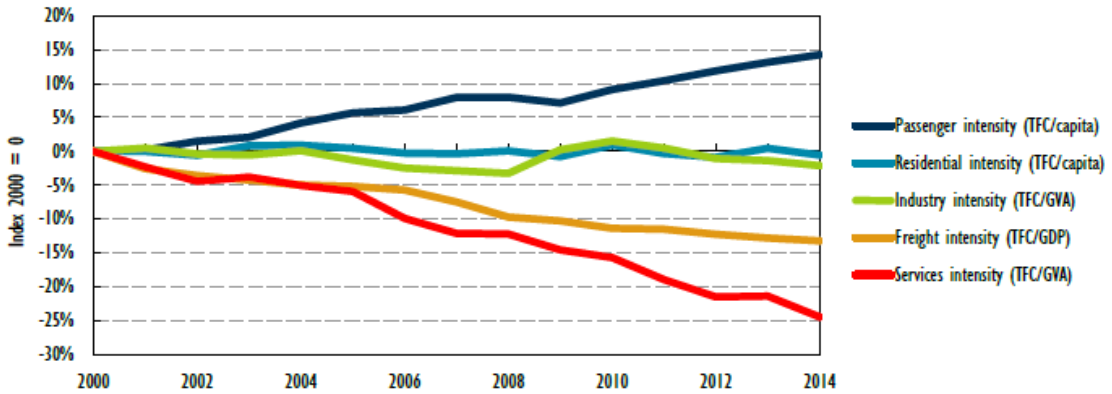


資料來源：IEA World Energy Outlook 2015

圖 3、1990-2030 年 OECD 國家最終能源消費

(五)服務部門能源密集度改善最多，新興國家私人車輛增加導致人員運輸能源密集度惡化

圖 4 的部門別最終能源消費密集度顯示，2000-2014 年服務部門和貨物運輸能源密集度分別改善 25%和 13%，工業部門和住宅部門沒有大幅改善。non-OECD 國家民眾所得增加，私人乘用車數量增加，導致人員運輸的能源密集度大幅上升。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 4、2000-2014 年部門別最終能源消費密集度變化

二、能源消費量變化的因素分析

EEMR 採用因素分解法，分析住宅、運輸、產業部門最終能源消費變化的來源。最終能源消費之變動拆解成三個來源：

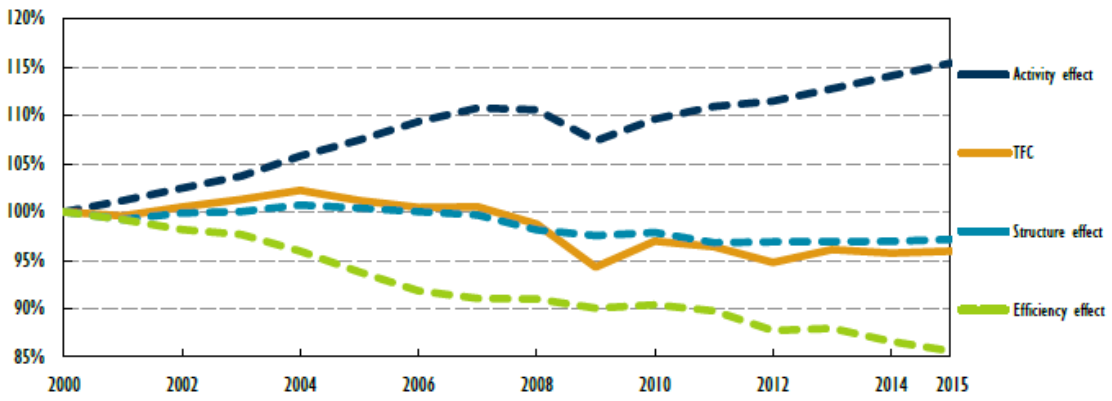
1. 活動效果 – 反映總體經濟(如各行業附加價值、運輸部門的延人公里和延噸公里)和人口成長的影響。
2. 結構效果 – 反映子部門內活動消長的變化，例如各行業附加價值占比、運具轉移、人均樓地板面積、人均住所數量和人均家電存量的改變。
3. 效率效果 – 反映子部門活動的能源密集度變化，例如某行業單位附加價值的耗能、運具每公里耗能、單位樓地板面積的空調和照明耗能、單位住所的烹調和熱水耗能、家電存量的耗能。

(一)住宅和產業部門能源效率改善是 IEA 國家能源消費減少的主因

圖 5 顯示，2000-2015 年 IEA 國家最終能源消費減少近 5%，這段期間能源效率和結構轉變分別讓能源需求減少將近 15%和 3%，活動增加則是讓能源需求增加超過 15%。

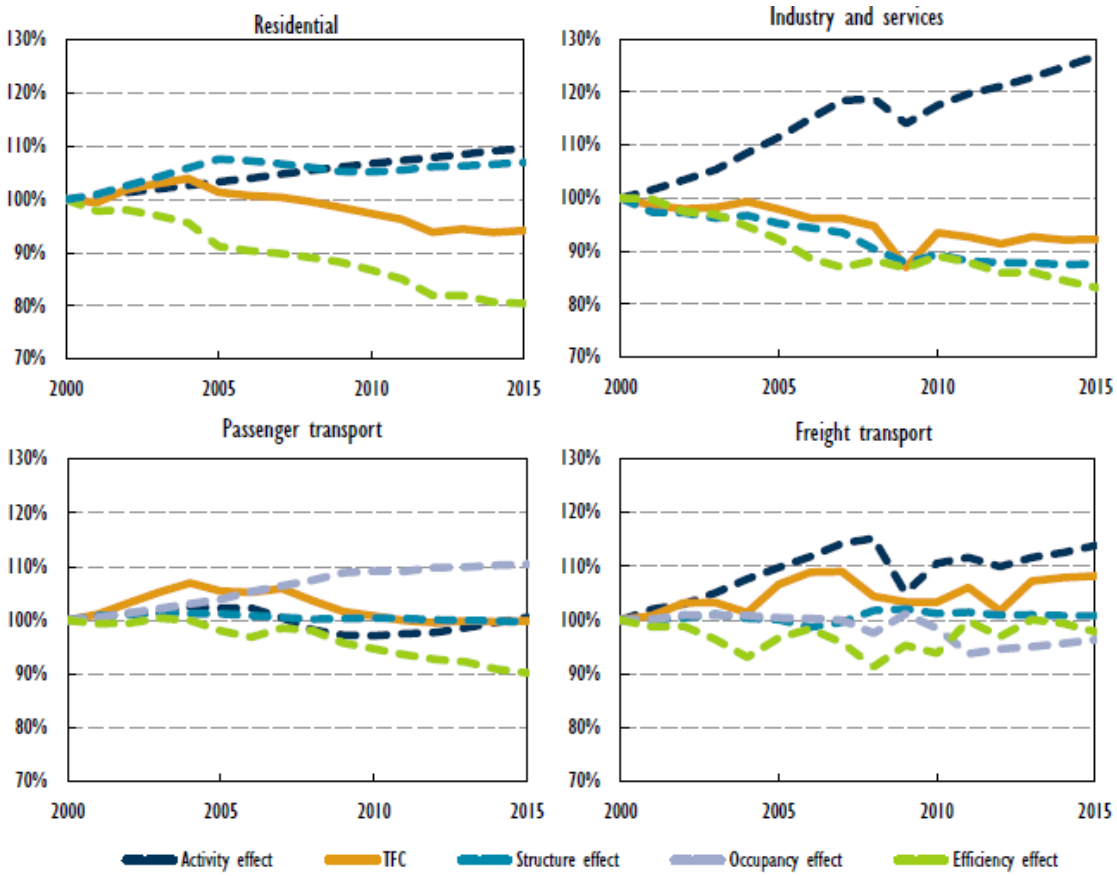
從圖 6 可知，IEA 國家能源效率改善主要來自住宅和產業部門。結構轉變主要是產業部門結構朝低能源密集度發展，然而住宅部門的住所面積增加，提高了能源需求。

在運輸部門，IEA 國家人員運輸能源消費維持不變，2007 年之後車輛效率改善，同時車輛平均乘載人數降低卻提高運輸能源需求，效果彼此抵銷。IEA 國家貨物運輸能源消費增加，主要是延噸公里增加。目前只有美國、加拿大、韓國有貨運車輛能效標準，因此車輛效率改善有限。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 5、2000-2015 年 IEA 國家能源總需求的因素分解



備註：乘載量效果(Occupancy effect)是反映車輛乘載人數和貨物數量的變化。當車輛的乘載量增加，運輸能源需求減少。

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 6、2000-2015 年 IEA 國家部門別能源需求的因素分解

(二)經濟和人口成長主導了主要新興國家能源需求之成長，效率改善主要在產業部門和乘用車輛的能源效率進步

IEA 今年首次分析主要新興國家能源消費變化的因素分解。受限於最終能源消費資料的不足，分析對象只限產業部門和運輸部門，且效率效果可能包含其他可能降低能源密集度的因素。

圖 7 是中國大陸、印度、印尼、泰國、巴西和墨西哥六國最終能源消費的因素分解。2000-2014 年活動成長 1 倍，主導最終能源消費增長 84%。同期間效率效果降低能源需求 14%，主要是產業部門和人員運輸運具的能源效率進步，不過結構效果對能源需求沒有明顯影響。

備註：乘載量效果(Occupancy effect)是反映車輛乘載人數和貨物數量的變化。當車輛的乘載量增加，運輸能源需求減少。

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 7、2000-2014 年主要新興國家部門別能源需求的因素分解

(三)不論是 IEA 或主要新興國家，能源效率平均每年改善 1%

以上因素分析結果顯示，2000-2015 年效率效果讓 IEA 國家能源需求減少將近 15%，2000-2014 年效率效果讓中國大陸、印度等 6 個新興國家能源需求降低 14%。整體來看，IEA 和主要新興國家能源效率年均改善約 1%。

三、能源效率政策進展指標

(一)欲達成氣候目標，能源效率對減碳量的貢獻至少要四成

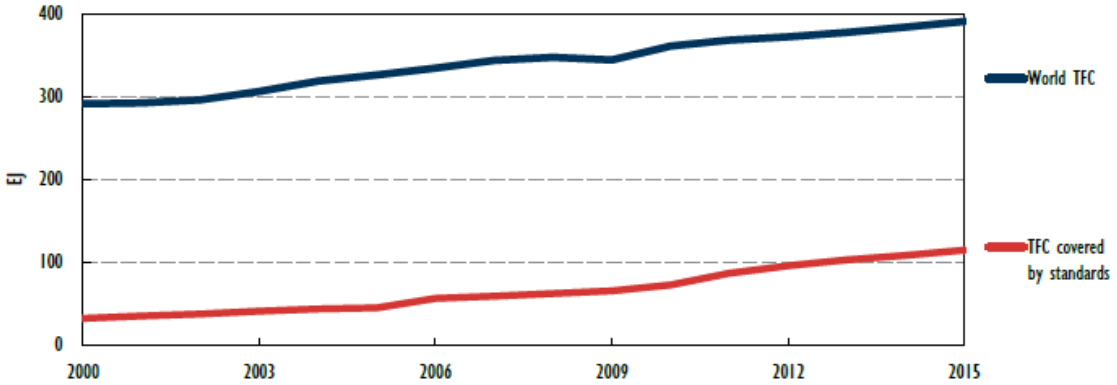
根據減量措施可行性和成本效益分析，IEA 指出能源效率將是各國達成 NDC 目標的主要策略。2015 年全球能源展望估計，INDC 情境下 2030 年全球能源消費比 BAU 少 1.6% ，可節省 6 億公噸油當量，相當於加拿大目前年能源消費 3 倍，其中住宅、服務和運輸部門節省 4 億公噸油當量。

企業和民間團體組成的 Energy Transition Commission 提出[2]，現況下能源效率對溫室氣體減量的貢獻比例是 24%。然而 IEA 設定的 450 情境下，能源效率對減碳量的貢獻至少在 40%以上。這表示在 NDC 之外，各國還要加強政策力道。

(二)2000-2015 年強制性能源效率政策涵蓋全球能源消費量的比例從 11%提高到 30%，中國大陸和印度實施工業節能目標有重要貢獻

IEA 追蹤各國在強制性能源效率政策的進展，包含最低能效標準 (Minimum Energy Performance Standards, MEPS)、效率改善節能目標。政策進展是衡量強制性政策在規範廣度和要求效率水準的變化，衡量方法請見本文附件。

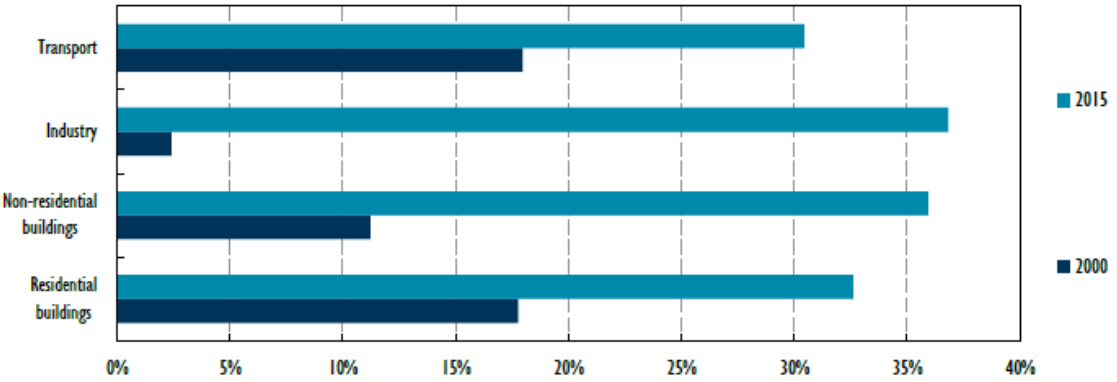
過去 15 年來，全球最終能源消費量年均成長 2%，強制性政策涵蓋的能源使用量年均成長 9%，強制性政策涵蓋能源消費比例從一成提高到三成，如圖 8。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 8、2000-2015 年全球最終能源消費和強制性能源效率政策影響的能源消費

圖 9 從部門別來看，2015 年運輸、工業、建築能源消費至少有三成以上受強制性政策的影響，其中工業部門強制性政策涵蓋能源消費之比例在過去 15 年成長最多，主要是中國大陸和印度推動工業節能目標。非住宅建築強制性政策涵蓋能源消費之比例的成長次之，這是因為新興國家建築能效規範多半先從非住宅建築開始推動。

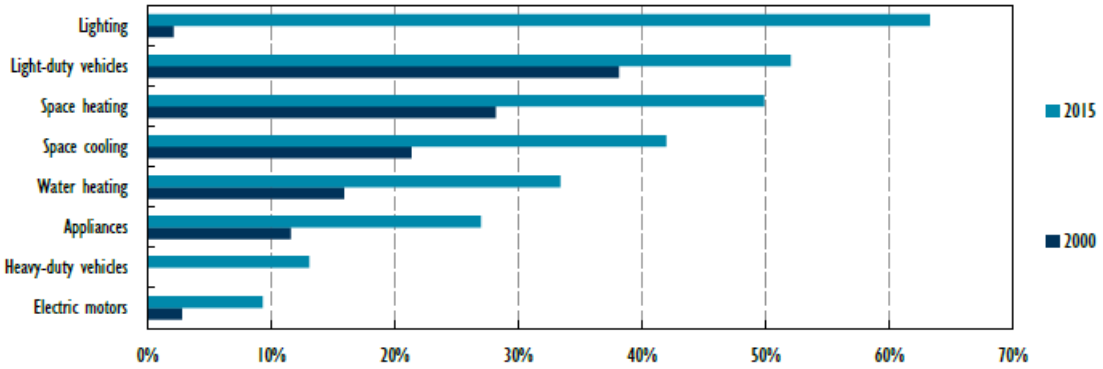


資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 9、2000 年和 2015 年全球部門別最終能源消費受強制性能源效率政策影響的比例

(三) 馬達、重型車輛、烹調和工業製程設備的能效標準仍有很大推動潛力

從 8 項終端能源使用設備來看，照明、輕型車輛、冷暖空調和熱水共 5 項設備之耗能受到能效標準規範的比例超過三成，如圖 10。馬達和重型車輛之耗能受到規範影響的比例較低，近年來部分國家實施馬達能效標準，預期影響比例將很快提高。尚未列入追蹤的烹調設備、工業製程和農業設備，在強制性能效政策推動上有相當多潛力。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 10、2000 年和 2015 年全球終端能源使用設備之耗能受強制性能源效率政策影響的比例

(四)2005-2015 年主要國家強制性能效政策的要求水準平均提高 23%

IEA 從可得資料估計 11 個主要國家之強制性政策要求效率水準的提升幅度。IEA 評估的 MEPS 項目如表 1 所列：

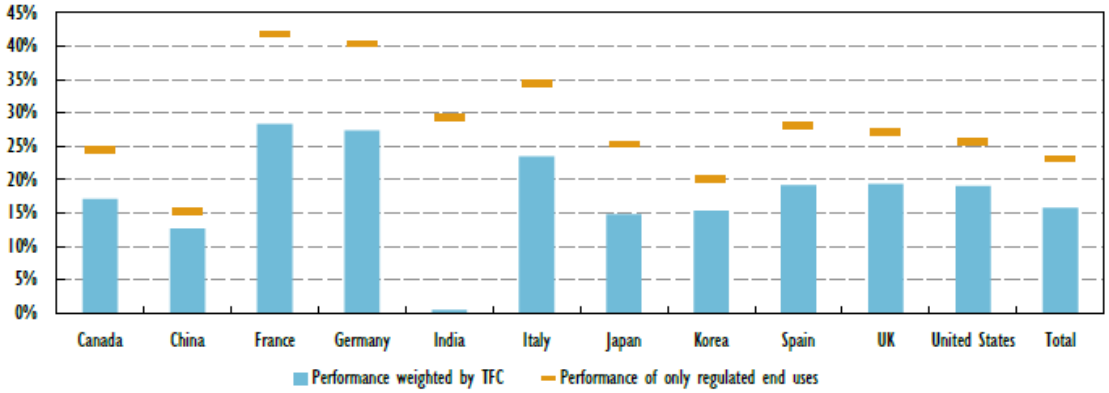
表 1、IEA 估計各部門 MEPS 水準提升的項目

部門	最終能源使用	要求效率
建築	冷暖空調	新建築的效率或 U 值 供暖系統的效率標準 (鍋爐、加熱爐) 冷氣機的 EER
	熱水	熱水機的 MEPS
	電器	電冰箱、洗碗機、洗衣機、冷凍櫃、烘衣機、照明的 MEPS
工業	馬達系統	馬達的 MEPS
	其他耗能	強制性節能目標占工業耗能的比重
運輸	輕型車輛	乘用車輛的新車平均燃油效率或碳排放
	重型車輛	重型車輛的新車平均燃油效率或碳排放

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016，本研究整理(2016/11)

圖 11 的橘色橫條顯示，2005-2015 年強制性政策要求效率水準平均提高了 23%，其中法國、德國和義大利提升較多，2014 年德國提高建築能源規範，較之前水準高出 45%。

效率水準提升比例可以進一步以該設備或技術之耗能占最終能源消費量之比重加權。圖 11 的藍色長柱顯示，加權後，強制性政策要求效率水準提高對最終能源消費的影響程度平均是 15%。印度的電冰箱和空調能效標準水準提升 29%，這兩項設備占全國能源消費的比例極低，因此該標準依耗能比重加權後對全國能源消費的影響很小。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 11、2005-2015 年各國強制性能源效率政策要求水準提高比例

(五)法國、德國和美國的能源效率政策進展最多

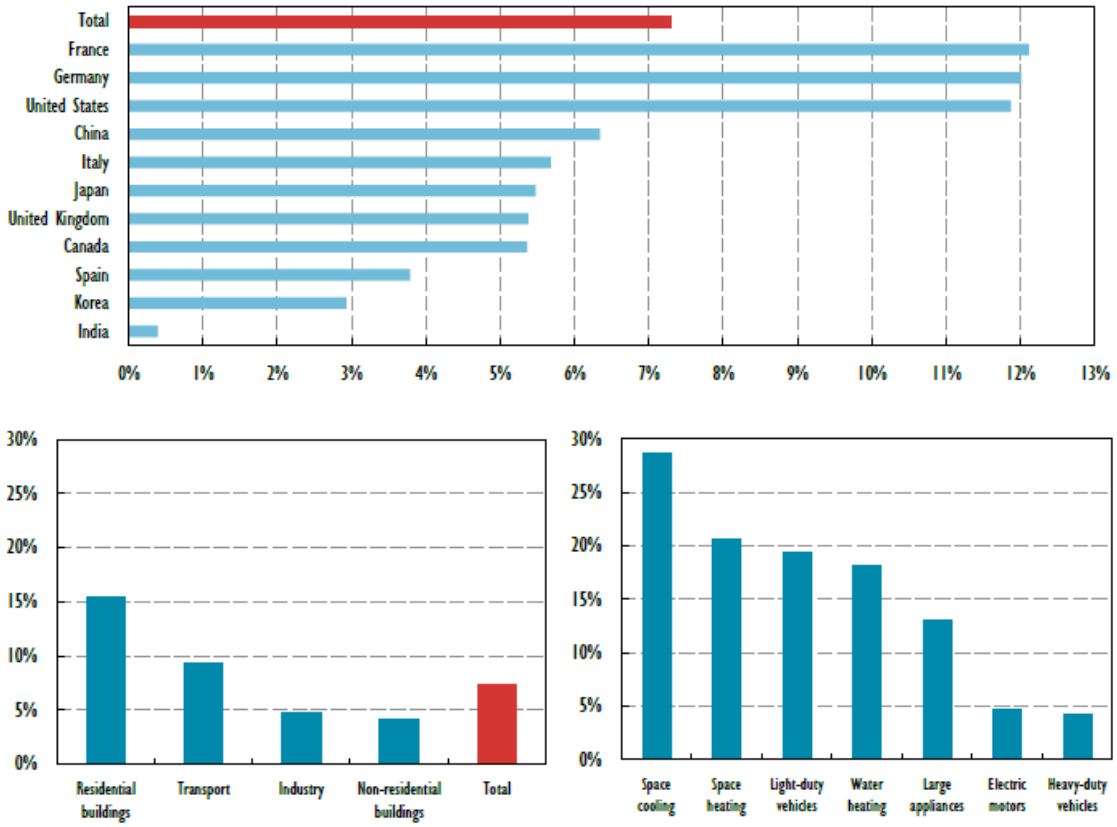
依據上述強制性政策在廣度和要求水準變化的計算方法，IEA 提出能源效率政策進展指標(Efficiency Policy Progress Index, EPPI)，反映一國強制性規範和節能目標涵蓋最終能源消費之比例，以及規範或目標水準之提升。

IEA 評估了 11 個國家 2005-2015 年 EPPI 改善程度，平均增加 7%。改善最多的法國、德國和美國，EPPI 增加 12%，其次是中國大陸、義大利、日本、英國和加拿大，增加 5-6%。如圖 12 上。

從部門別來看，住宅建築 2005-2015 年 EPPI 增加 15%，非住宅建築增加 4%，運輸部門增加 9%，工業部門增加 5%。如圖 12 左下

圖。

從終端能源使用設備別來看，冷暖空調 EPPI 增加最多，其次是輕型車輛、熱水設備，改善最少的是電動馬達和重型車輛。如圖 12 右下圖。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 12、2005-2015 年主要國家能源效率政策進展指標之改善

四、能源效率投資

2015 年全球能源效率投資(incremental investment in energy efficiency)是 2,210 億美元，較 2014 年成長 6%。建築部門占比 53%最高，成長幅度 9%也高於運輸和工業的成長幅度。2015 年全球能源供給投資 1.6 兆美元，其規模是能源效率投資金額的七倍有餘。

(一)EEMR 2016 改採 Bottom-up 方法估計能效投資金額，可望反映能源效率標準之進展

EEMR 2016 採 bottom-up 方法，以銷售資料估計能源效率投資金額。EEMR 2013 和 EEMR 2014 採用 top-down 方法，因此歷年 EEMR 估計的能源效率投資金額不能比較。

EEMR 2016 針對各部門有不同的能源效率投資金額估計方法，原則上是計算耗能設備或服務高於基準效率所付出之代價，各部門的效率基準請見表 2。例如現有建築改善隔熱的投資金額計入能效投資，空調系統效率高於 MEPS 的價差視為能效投資。在工業部門，建立能源管理系統之成本、採用技術效率高於平均效率之成本差異計入能效投資。

Bottom-up 方法需要蒐集各國 MEPS 資料、耗能設備和服務之銷售數據和平均能源效率等資料，優點是可以連結各國推動能源效率標準和建築效率規範的進展。因此各國能源效率政策的積極程度可望反映在能源效率投資金額的增長幅度。

(二)建築能源效率投資金額半數在外殼

2015 年建築能源效率投資額是 1,180 億美元，其中建築外殼是 560 億美元，通風空調和控制是 270 億美元，照明 220 億美元，電器 120 億美元。

表 2、各部門能源效率投資金額的計算基準

部門	子部門	基準情況設定
建築	建築外殼	新建築採 2005 年 MEPS 現有建築沒有外殼翻新支出
	通風空調和控制	新建築和現有建築均採 MEPS
	電器和燈泡	MEPS
	義務性能源服務支出	無支出
工業	能源密集行業	前一年部門平均技術效率，且沒有能源管理系統支出
	其他行業	前一年部門平均技術效率，且沒有能源管理系統支出
運輸	輕型車輛	銷售新車的平均效率
	貨車和其他運輸工具	2014 年各種運輸模式的平均能源密集度

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016，本研究整理(2016/11)

(三)工業能源效率投資以能源管理系統和馬達為主

2015 年工業能源效率投資額是 390 億美元，占全球能效投資金額的 18%。能源密集行業和其他行業的投資金額分別是 190 億和 200 億美元。若要達成 2℃目標，2020 年能源密集行業需要每年投入 350 億美元在能源效率，目前的投資水準還要增加 84%才有機會達成氣候目標。

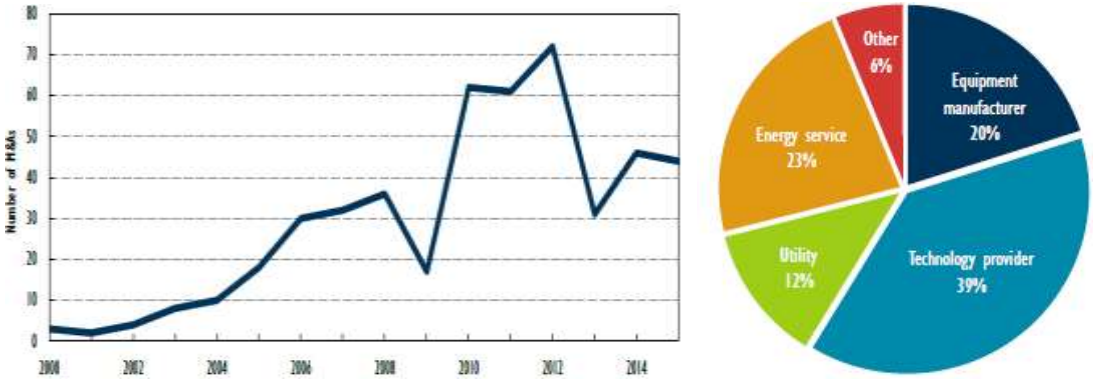
在 2015 年 390 億美元的工業部門能效投資金額中，根據估計，工業能源管理系統的投資金額是 140 億美元，工業馬達的投資金額是 85 億美元。EEMR 2016 提到，中國大陸工業餘熱有 55%已被回收利用，回收的主要是中高溫餘熱，目前中國大陸北方正在推動低溫餘熱回收用於區域供暖的專案。

(四)中國大陸占全球運輸能源效率投資的四成

2015 年運輸能源效率投資額是 640 億美元，輕型車輛、貨運車輛、其他運輸工具的投資金額分別是 340 億、20 億和 280 億美元。輕型車輛的能源效率投資主要分布在中國大陸、歐盟和美國，三者占了 75%，中國大陸更占了 41%。

(五)跨業併購、新技術運用、公用事業創新商業模式益加普及，促進能源效率服務市場成長

2000-2015 年能源效率服務業的併購(mergers and acquisitions)案件逐漸增加(圖 13 左)，IEA 檢視過去 15 年 487 個併購案件，一半以上的併購者本業不是能源服務產業(圖 13 右)。例如設備製造商 GE 與技術供應商 Philips 運用成熟的 LEDs 技術投入商用建築照明服務市場；Oracle 併購 Opower，將資料分析、雲端運算技術運用到住宅能源管理。



資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 13、2000-2015 年能源效率服務業併購數量以及併購者行業別

新技術讓節能績效量測變得可信賴和即時，創造能源效率服務的商機。業者應用智慧電表和智慧家電(如智慧調溫器)等，讓能源效率服務更貼近民眾需求，或提供民眾與他人能源使用情況之比較，設計可改變民眾用電行為的誘因。

由於技術的進步和應用，加州和紐約州正在立法，讓節能量可以被定價、成為可交易的市場商品(讓干預措施的節能量與未干預情況下的發電價格做比較)，例如加州的建築能源效率干預措施節電量的評估將比較能源效率干預措施實施前後的消費基線。

90 年代開始投資能源效率至今，大部分 IEA 國家的電力消費成長已停滯一段期間。面對電費營收不再高度成長，某些具開創性的公用事業投入需求面服務以創造營收：工業和服務業客戶能源管理、電

網服務、電動車充電服務。

IEA 認為政策有助於推動公用事業商業模式的轉型，例如節能義務、容量市場和拍賣等市場工具。2006 年美國有 12 州有公用事業節能目標的制度，2016 年已增加到 25 州。公用事業節能義務制度與 ESCO 市場發展有緊密相關，研究分析顯示美國 ESCO 活動最活躍的前五州，公用事業以電費支援能源效率計畫(rate-payer funded energy efficiency programs)的人均投資金額也是最高的[3]。表 3 顯示，目前全球有這樣制度的國家，公用事業每年投入 117 億美元在能源效率計畫，其中半數來自美國。

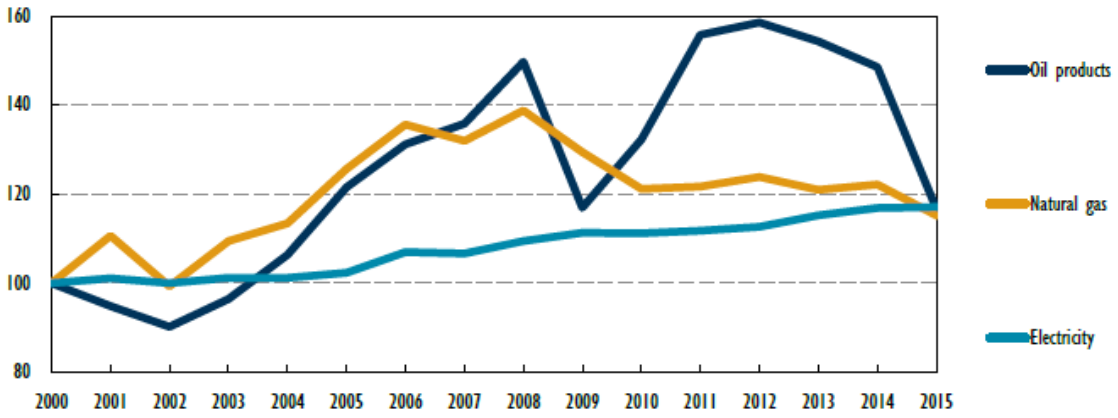
表 3、各國公用事業在能源效率計畫的支出金額

國家/地區	年	支出金額(百萬美元/年)
美國	2014	6,038
安大略省(加拿大)	2014	364
澳大利亞	2014/15	143
歐盟	各成員國不同	4,339
巴西	2015	191
中國大陸	2015	448
韓國	2015	98
烏拉圭	2016	3
南非	2008	44
合計		11,668

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

五、石油和天然氣價格下跌對能源效率投資之影響

2014 年 6 月到 2015 年底原油價格下跌六成，天然氣合約價和現貨價格也下跌 55%-65%。同期間 OECD 國家民眾面對的零售石油產品和天然氣價格跌幅低於國際市場跌幅，電價甚至是持平，如圖 14。IEA 解釋住宅部門天然氣和電力零售價格跌幅小，原因之一是部分地區的零售價格通常是簽約固定的，售價需要兩年時間逐漸調整。由於過去兩年國際能源價格下跌先反映在汽油零售價，對能源效率之立即影響可能發生在運輸部門。

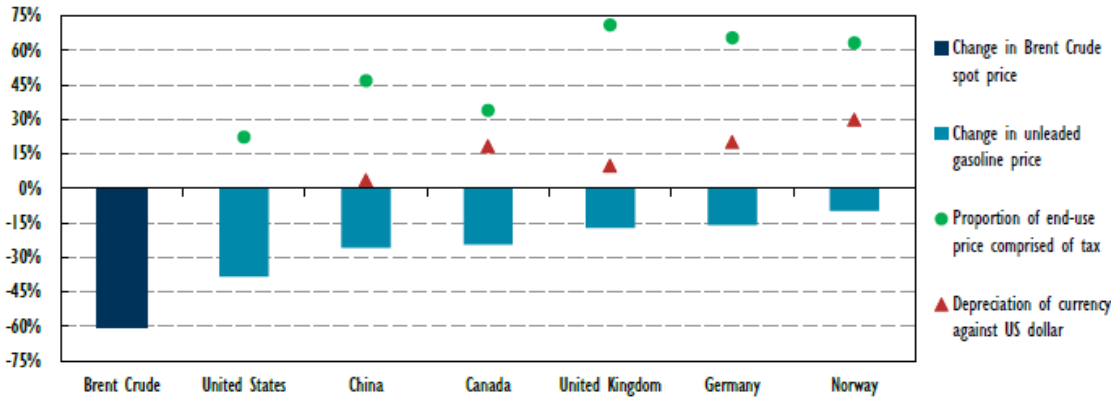


資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 14、2000-2015 年 OECD 國家住宅零售能源價格指數

(一)儘管汽油價格下跌，燃油效率標準仍促使運輸部門能源效率進步

IEA 檢視 2014 年第 2 季到 2015 年第 4 季 18 個月期間主要國家無鉛汽油含稅價格變化，圖 15 顯示美國下降 38%，中國大陸下降 26%，挪威跌幅只有 10%。各國無鉛汽油售價跌幅差異主要來自匯率和能源價格含稅比例的不同。英國、德國和挪威的無鉛汽油零售價有六成以上是稅費，因此原油價格下跌六成，汽油零售價跌幅卻不到兩成。

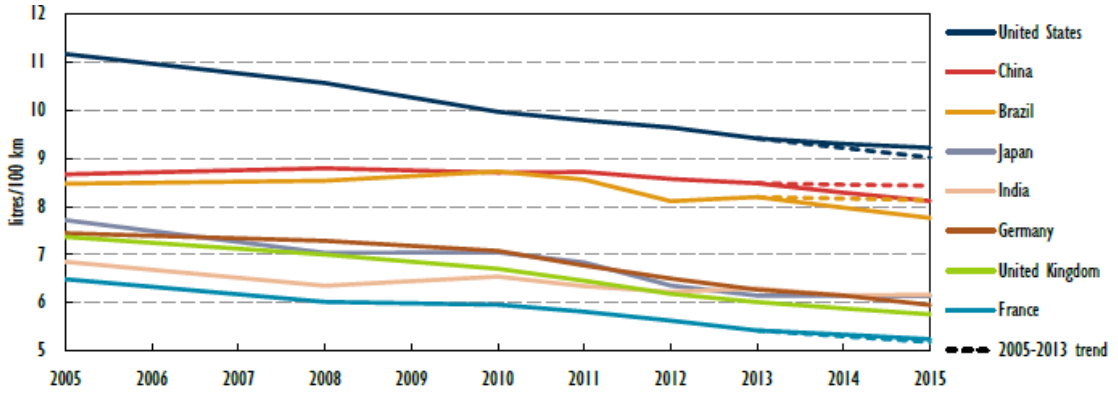


資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 15、2014 年 Q2 至 2015 年 Q4 主要國家無鉛汽油含稅價格變化

2013-2015 年美國車市銷售成長，加上無鉛汽油價格下跌近四成，乘用車銷售成長量有九成是較耗油的輕型卡車(light-duty trucks)[1]，2015 年輕型卡車占美國乘用車銷售量 56%，創下新高。

這現象反映在長期的乘用車新車燃油效率的表現上，如圖 16。2013-2015 年美國乘用車新車燃油效率的實際表現，顯然不如 2005-2013 年乘用車新車燃油效率改善步調延伸的預期表現(藍色實線高於虛線)。相對地，中國大陸的乘用車新車燃油效率的表現優於 2005-2013 年的改善步調，這得力於 2012 年導入車輛燃油效率標準。



Note: Fuel efficiency calculated on the basis of the Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure (WLTP).

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016

圖 16、2005-2015 年主要國家的乘用車新車燃料效率表現

[1] Light-duty trucks 包含運動休旅車、皮卡、箱型車、跨界休旅車和輕型商用車 (sport utility vehicles, pickup trucks, minivans, crossovers and light-duty commercial vehicles)。

(二)部分文獻顯示能源價格對建築能效投資的影響小，價格漲跌對能效投資有不對稱影響

IEA 認為目前天然氣和電力零售價格反應緩和，對建築部門能源效率之影響仍言之過早。IEA 舉出文獻研究結果[4,5,6]，能源價格對建築部門能源效率投資的影響小，而且能源價格上漲對能效投資之影響，大於價格下跌之影響。這種不對稱反應的解釋，可能是能源效率技術通常在能源價格高漲時發展，技術的資訊會較快速擴散和取得，等到技術成熟、成本降低，能效技術應用較不受能源價格影響。

(三)IEA 認為化石燃料價格下跌可能影響能效政策進步力道，減緩電力取代化石燃料的技術替代進度

IEA 對化石燃料價格下跌有兩項顧慮：1)汽油和天然氣零售價格下跌可能影響各國持續加嚴能源效率標準的政治力道；2)拉低油氣對於電力的相對價格，可能減緩以高效率電力取代化石燃料燃燒的技術替代進度(不利於電動車、熱泵之普及)。

對此，IEA 對各國政府提出四項建議：1)持續導入和加強能源效率標準；2)擴大使用促進能效投資的市場工具(如白色證書、能源公司節能義務)；3)支持加快建築翻新速度；4)以稅費反映能源使用的經濟、社會和環境成本。

六、結論

(一)2015 年全球能源密集度改善 1.8%，至少要年均改善 2.6%才能達成 2℃氣候目標

全球能源密集度改善步調正在加快。過去十年能源密集度(初級能源總供給/GDP)年均改善 0.6%，2015 年較前一年改善 1.8%，是過去十年平均降幅的三倍。IEA 認為這樣的步調仍不夠快，全球能源密集度至少要年均改善 2.6%才能達成 2℃氣候目標。

(二) 中國大陸是全球能源效率進展的主力

2015 年中國大陸能源密集度改善 5.6%，若不計中國大陸，全球能源密集度只有改善 1.4%，不是 1.8%。然而中國大陸能源密集度仍高出 OECD 國家 50%，由於這龐大潛力，中國大陸對全球能效市場將有更大影響力。

(三) 強制規範是改善能源效率的主要驅動力，不過要再加強

各國強制能源效率政策穩定擴展，2000-2015 年強制規範涵蓋全球最終能源需求的比例從 11%擴展到 30%。若最高等級標準立刻落實到所有國家，住宅能源消費將較 2015 年減少 14%，車輛石油需求減少 200 萬桶/天(約減少 2%，2015 年全球石油消費 9,500 萬桶/天)。

(四) 為追蹤強制性政策之進展，IEA 提出能源效率政策進展指標並以 Bottom-up 估計能源效率投資金額

IEA 提出能源效率政策進展指標(Efficiency Policy Progress Index, EPPI)，改善最多的法國、德國和美國。各部門之中，住宅建築 EPPI 進步最多；在終端能源使用設備之中，冷暖空調 EPPI 增加最多。此外，IEA 改採 Bottom-up 方法估計能效投資金額，可望反映能源效率標準越趨嚴格促進能效投資之結果。

(五)建築占能源效率投資半數以上，工業能源效率投資主要在能源管理系統和馬達

2015 年全球能源效率投資金額 2,210 億美元，是全球能源供給投資金額的 1/7。建築部門占能效投資金額的 53%，以建築外殼改善為主，工業部門占能效投資金額的 18%，以能源管理系統和馬達為主。

(六)新技術量測節能績效與公用事業節能義務帶動能源效率服務市場之發展

能源服務業者應用新技術量測能源效率措施的節能績效，加州和紐約州正在發展節能量成為可以被定價、成為可交易的市場商品。具開創性的公用事業投入工業和服務業之客戶能源管理、電網服務、電動車充電服務，以創造營收。公用事業節能義務的制度對能源效率服務市場有推波助瀾之效。

(七)石油和天然氣價格下跌，強制規範標準仍帶動能源效率投資成長

IEA 認為，儘管汽油零售價格下跌，車輛燃油效率標準仍促使新車效率提升，這顯示政策推動能源效率改善的力量大於能源價格之影響。然而化石燃料價格下跌可能減緩電力取代化石燃料的技術替代進度，IEA 建議各國政府持續加強能源效率標準，擴大使用促進能效投資的市場工具，加快建築翻新速度，以及反映能源使用的經濟、社會和環境成本。

七、我國借鏡

我國能源轉型必須依靠節能和需量反應措施，以降低限電風險。若再加上溫室氣體減量壓力，節能更是與再生能源成為能源轉型的兩大支柱。

(一)IEA 認為 2016-2030 年 OECD 國家能源密集度要年均改善 2.2%才有機會達成氣候目標。過去 15 年我國密集度年均改善 1.6%，我國擴大能源效率改善將有極大挑戰，必須有更積極的制度改革

要達到 2℃氣候目標，IEA 認為 2016-2030 年 OECD 國家能源密集度要年均改善 2.2%，non-OECD 國家要年均改善 3.7%。2000-2015 年我國能源密集度(國內能源消費/實質 GDP)從 9.43 降到 7.37 公升油當量/台幣千元，年均改善 1.6%。

若未來 15 年我國能源密集度年均改善要提高到 2.2%，假設經濟成長率在 2%或以上，能源消費至少要維持零成長才有機會。顯見加大能源效率或節能步調將是我國能源轉型與國際共同減碳的極大挑戰，這需要節能制度改革來支持。

(二)IEA 觀察到新技術運用、公用事業商業模式轉型推動能源效率服務市場之發展。台電公司營收仍依賴客戶能源消費量，我國能源轉型應伴隨公用事業商業模式轉型，學習國際間公用事業節能義務制度最佳範例，促進能源效率服務市場之成長

美國、歐盟部分成員國等實施公用事業節能義務制度，讓能源效率計畫有固定財源和長期目標，帶動能源效率服務市場持續成長。能源效率服務市場蓬勃發展，加上新技術成熟，帶動了跨業併購。創新業者應用新技術量測節能績效，讓能源效率服務更貼近民眾需求；加州和紐約州甚至致力發展讓節能量可以被定價、成為可交易的市場商品，建立能源效率與能源供給在能源市場競爭的機制。

我國推動能源查核和輔導超過 15 年，大多數能源大用戶落實成本效益高的節能措施，獲致顯著的能源效率改善，這反映在我國粗鋼、水泥熟料、乙烯等高耗能產品單耗已優於或接近主要國家水準。然而傳統產業節能措施的回收期逐漸提高，必須有外在獎勵和財務誘因激勵業者持續投資於能源效率。我國正逢能源轉型，可援引國外公用事業成功的節能義務制度和經驗，做為台電公司商業模式轉型的參考。

(三) 新建築外殼 MEPS 和現有建築外殼翻新投資達全球建築能源效率投資額的一半。我國推動都更應確實執行建築外殼能效標準，建立建築能效揭露制度，創造能源效率服務的商機

2015 年建築能源效率投資額是 1,180 億美元，其中建築外殼是 560 億美元，其餘是通風空調、照明和電器投資，顯見建築外殼可帶來龐大的能源效率投資。

我國建築老屋比例漸增，都更潮將來臨。據內政部統計處資料，2015 年底我國房屋稅籍住宅類數量為 834 萬宅，其中有半數的屋齡介於 20~40(含)年，超過 40 年者占 17.5%，平均屋齡為 28.3 年。六都平均屋齡以臺北市 31.5 年較高[7]。主管機關宜提高建築外殼能效標準並確實執行，及早建立強制性建築能源護照和揭露。

參考文獻

1. IEA, Energy Efficiency Market Report 2016 - Market Trends and Medium-Term Prospects, 2016.10.10. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/mediumtermenergyefficiency2016.pdf
2. Energy Transition Commission (2016), Pathways from Paris: Assessing the INDC Opportunity, www.energy-transitions.org/sites/default/files/20160426%20INDC%20analysis%20vF.pdf
3. Larsen, P., C.A. Goldman and A. Satchwell (2012), Evolution of the U.S. Energy Service Company Industry: Market Size and Project Performance from 1990-2008, LBNL, Berkeley.
4. Jacobsen, G.D. (2015), "Do energy prices influence investment in energy efficiency? Evidence from energy star appliances", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 74.
5. Rapson, D. (2014), "Durable goods and long-run electricity demand: Evidence from air conditioner purchase behavior", Journal of Environmental Economics and Management, Vol 68, No. 1.
6. Boonekamp, P.G. (2007), “Price elasticities, policy measures and actual developments in household energy consumption – A bottom up analysis for the Netherlands”, Energy Economics, Vol. 29, No. 2.
7. 內政部統計處，內政統計通報，2016 年 4 月 16 日。http://www.moi.gov.tw/stat/news_content.aspx?sn=10499

附件

衡量強制性能源效率政策影響之能源消費量的方法如下：

1. 追蹤各國強制性政策，包含能源效率標準、節能目標，以及這些政策的實施日期。
2. 估計政策實施之後應用了哪些能源效率技術，計算設備存量的汰換量和技術應用的比例。
3. 計算政策實施之後能源效率技術的耗能以及設備存量的耗能。
4. 計算工業部門節能目標影響的能源消費量。

IEA 分析的政策範疇如附件表 1。實際計算有以下問題要克服，如強制性節能目標和 MEPS 可能有重複計算，歐洲部分國家實施白色證書是強制性政策，然而該政策影響的能源消費量很難估計。

附件表 1、強制性能源效率政策的範疇

部門	子部門	政策範疇
設備	冷凍冷藏設備、洗碗機、洗衣機、烘衣機、電視機	MEPS 和其他效率規範
工業	所有行業	電動馬達 MEPS 強制性節能目標
住宅和非住宅建築	新建築營造 現有建築翻新 冷暖空調系統、熱水、照明	建築外殼規範 MEPS
運輸	輕型車輛 重型車輛	平均燃油效率標準 (Corporate average fuel economy)或乘用車輛碳排放標準 道路運輸車輛碳排放或能源效率標準

資料來源：IEA Energy Efficiency Market Report 2016，本研究整理(2016/11)