

節能之多重效益

—包括節能減碳、創造就業、改善生產力和促進經濟發展等

廖峰範

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

國際能源總署(IEA)於 2014 年 9 月發表一篇報告「Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency」。本報告主要闡述，藉由提升能源效率所帶來的多種效益 (multiple benefits approach)，包括節能、溫室氣體減量、降低空氣汙染、創造就業、提升健康福祉、改善工業生產力和促進經濟發展等。該報告引導讀者對能源效率的改善有更深一層了解，並期望能讓世人了解，投資改善能源效率所產生的效益，將超乎預期。鼓勵各國政府和企業朝提升能源效率目標邁進。

一、前言

國際能源總署(International Energy Agency, IEA)於 2014 年 9 月發表一篇報告「Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency」，指出在討論傳統的能源議題上，多半圍繞在開發新的能源供給或減少溫室氣體排放等議題，對於能源效率的部分並未深入探討。然而，近年來因二氧化碳所造成之氣候暖化問題，已成為各國首要面對之難題。再加上能源供應不穩定對全球經濟所產生的風險，在在顯示需要找出新的因應策略。改善能源效率使能源需求量下降，不但可以減低二氧化碳排放，更可降低能源供應所帶來的風險，具有一石二鳥之效。

藉由改善能源效率將帶來許多直接或間接的效益，如圖一所示，包括節能、溫室氣體減量、降低空氣汙染、創造就業、提升健康福祉、改善工業生產力和促進經濟發展等。這些效益的好處將會改變人們以往對能源效率的印象。且其所產生之部分效益是可持續性的，且可快速見效，立竿見影。



資料來源：IEA(2014).

圖一、改善能源效率所帶來的諸多好處

報告中深入探討能源效率提升後，其所帶來的直接和間接效益。打破以往世人對於改善能源效率的刻板印象，無非是對能源需求降低或產品成本的下降等。除上述技術上的能源節約外，改善能源效率將可促進經濟發展、增加就業機會，乃至於提升職場工作環境，和改善受雇者的健康狀況。IEA 希望透過這份報告傳達下列事項給世人了解。

- 第一、 能源效率應該被視為單一能源項目，與石油、煤炭和天然氣一樣，都是能源發展的項目之一。只是差別在，石油、煤炭和天然氣主要在供給面上，發揮其提供能源之效用，能源效率則是在需求面上發揮其降低能源需求作用。
- 第二、 能源效率的重要性應被強調，其角色需要重新定義，提升至「首要燃料」(first fuel)。藉此讓各國政府乃至於企業朝此目標前進，持續提升能源效率。
- 第三、 在執行能源效率改善前，必須將回彈效應（the rebound effect）所造成的影響考慮進去，方能完善的制訂相應對策。

二、重新認識能源效率

(一)能源效率的定位

以往對於能源效率的認識多半將它視為「虛擬燃料」(hidden fuel)，也就是能減少多少量的能源需求。但 IEA 希望藉由本報告的宣導讓世人了解，能源效率尚未開發的龐大潛力，以及其角色應為「首要燃料」(first fuel)。

本報告將能源效率改善的角色定位在「首要燃料」(first fuel)，主要是根據 1974 年開始到 2010 年為止，對能源效率改善的相關投資金額不斷成長。以 IEA 成員國來說，2010 年對能源效率改善相關項目投資金額，已大於任何單一項目的能源投資，包括石油、天然氣、煤或電力。因此，能源效率已是目前世界上的「首要燃料」。

能源效率投資快速成長的主要因為，藉由改善能源效率可以降低對能源的需求，其產生之效益和投資開發能源供給項目有同工異曲之處，且相較於投資開發能源供給項目，其效果可以馬上展現。例如各類型發電廠，需要耗費時間進行建設，等投入運轉後方能獲得能源供應之效益，相較之下，能源效率改善所需要的時間較短，可即時帶來效益。因此，近年世界各國對於能源效率的投資快速增加，根據 IEA 在「Energy Efficiency Market Report 2013」的估計，世界各國對能源效率的投資在 2011 年已達 3,000 億美元，其投資金額超過傳統化石燃料發電和再生能源發電項目，如圖二所示。



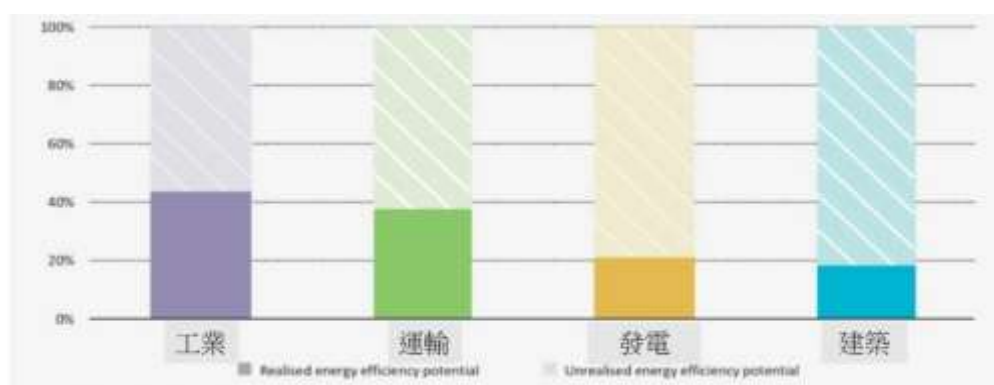
資料來源：IEA(2014)。

圖二、各能源項目之投資金額

(二) 能源效率之發展潛力

關於能源效率尚未開發之潛力及目前已開發之量，如圖三所示。據 IEA 估算，各產業尚未開發的能源效率空間，均超過 50%以上。其中，住商和發電部門還有很大的改善空間。雖然目前各項目的能源效率改善空間尚有 50%以上，但 IEA 同時提出警告，若是仍遵循現今的能源政策，到 2035 年前仍有三分之二的潛力將無法被開發。因此，提升能源效率仍須從能源政策著手。

在執行能源效率改善時，除了政策的引導外，企業的參與是推動之必要條件。對企業來說，能源效率的改善多牽涉到其習慣或製程的改變。然而，一旦改變之後，因不再容易變動，其所帶來的效果將能持續發揮，與其他降低能源需求面的方法相比，能源效率的提升可以達到較為長久的效果。以近年來各國所研擬的「碳稅」(Carbon Tax)制度來說，期望賦予碳排放一個價格，讓外部成本內部化，藉此達到提升能源效率，削減碳排放量的目的。然而，其所帶來的效益是緊跟隨著碳稅制度，當碳稅被廢除後，其抑制排放的效果亦將隨之消失。且對於從碳稅所獲得之收益，該如何利用，仍是一個需要探討的問題。



資料來源：IEA(2014).

圖三、部門別能源效率開發之潛力

三、改善能源效率所帶來的多種效益

本報告為傳達給世人了解，改善能源效率後所產生的諸多效益，在報告中針對五大面向，分別切入探討能源效率改善後其貢獻為何。

- 第一、 總體經濟發展(Marcoeconomic development)，能源效率的改善將會促進經濟成長，每年將帶來 0.25%~1.1%的成長。另外，改善能源效率亦會創造就業機會，平均每一百萬歐元的投資將會帶來 8 到 27 個新就業機會。
- 第二、 公共預算(Public budget)，能源效率的改善將減少用在加熱、冷卻及照明的預算上。另外，由於能源效率的改善將會產生更多的就業機會，抑制失業人口增加，減少政府在失業補助預算上的投入。
- 第三、 健康和福祉(Health and well-being)，能源效率的改善將會幫助我們改善身體，減少呼吸道和心血管疾病、風濕病、關節炎和過敏症狀。能源效率的提升除了可以改善身體的問題外，還能幫助我們心靈方面問題，例如減低壓力和憂鬱症的發生。一些研究的量化結果顯示，健康效益量化後其本益比高達 4:1。
- 第四、 工業生產力(Industrial productivity)，能源效率的改善將可降低能源成本，增加 250%生產力(依據不同投資項目將會有不同數值)。由於成本的降低加上生產力的增加，業者有餘力將更多的資源投入開發其他產品。若以上述條件來看，將可縮短投資升級能源效率設備相關的回本時間。在某些特定狀況下，原本四年才能回本的投資一年就可進行回收。另外，在此須注意，IEA 所定義的工業(industrial)為工業和商業領域上的中小企業乃至於大型集團。
- 第五、 能源輸送(Energy delivery)，能源效率的改善將可直接降低發電和輸電成本。

從上述各面向來看，我們可以發現能源效率所產生之影響環環相扣。雖然 IEA 將這些面向分開探討，看似相互獨立，實則根本為同一件事，只是切入角度和討論的範圍不同而已。舉例來說，第一項、

第二項和第五項因素，可以綜合起來討論。因為改善能源效率，使得能源的輸送更加有效率，因此政府可以減少在這部分的預算，剩餘之預算將可投入新的項目，進而達到促進經濟發展的目的，增加新的就業機會。另外，第三項和第四項亦可一起討論，因能源效率的改善使生產設備改良，提升作業環境，受雇者的健康獲得保障，降低企業在人力成本的支出。

除上述五大面向外，本報告亦指出近來廣受討論的一個概念，回彈效應（the rebound effect）。回彈效應是由於能源單價降低，導致消費者對於能源需求增加。因此，能源效率提升所帶來之部分效益，將會被能源需求的增加而抵銷。例如，原本耗能高的某項技術或產品，在科技的進步下，降低它的能耗或成本，此舉間接降低了使用該項技術或產品的門檻，讓更多原本無法使用的廠商能夠去利用這一項技術或產品，反而造成能源的使用增加。故當我們在思考如何改善能源效率時，必須要考慮到這項因素才算是完整。

(一)能源效率與總體經濟

從總體經濟角度來看，能源效率的提升將可促使該國 GDP 成長和增加更多新的就業機會。報告中，將能源效率之改善對總體經濟的影響來源分為兩大部分，投資所產生的影響和能源需求降低所帶來的影響。從投資影響來說，因將大部分資源投入到部分產品，故會對其它產品產生擠壓，造成其它產品的產能或品質下降，進而影響其他產業之發展。與此相比，能源需求降低則較無此問題。

能源需求之降低並非需要投入大量的資金。例如，「行為改變」就是一種藉由降低能源需求來達到提升能源效率的方式。簡單的來說，從隨手關燈、節約用水等日常生活行為的改變來節約能源，就是一種改變能源需求方法。

從國家戰略上來看，能源需求的降低跟國家安全有著密切關係。能源供應穩定與否對世界各國來說，都是至關重要的課題，如果能降

低對能源的需求，將可適度降低能源供應不穩定所帶來的風險，且可以有效節省外匯，讓政府有餘力投資發展新項目，增加國家競爭力。

對公司來說，能源效率的提升可以降低產品的成本，進而讓產品價格下降，導致公司競爭力提升，公司更能投資開發新的項目和設備，雇用更多的員工。最後這個影響會產生一個正向循環，不斷促進經濟發展。因此，能源效率的提升將可促進經濟發展。

IEA 在出版的報告，「Energy Efficiency Market Report 2013」中指出 2011 年全球對於能源效率的相關投資已達 3,000 億美元。對能源效率之相關投資可促進更多國家繼續在這一領域，推行相關的新政策。進一步說，其投資所產生的支出效應(spending effect)可直接提升產品的品質，促進經濟出口成長和增加就業機會。但是，近年來對於投資影響所帶來的效益有了更進一步的討論。多重支出效應(re-spending effect)是相較於原本投資帶來的經濟衝擊外，其產生之結果又會再一次影響到整體經濟。舉例來說，原本受惠於能源效率提升而獲得工作的僱員，因消費能力提高可以購買更多產品，造成整體能源需求的再提升。

(二)能源效率與公共預算

能源效率之改善對公共預算的衝擊，主要可以從稅收切入討論。根據 2014 年經濟合作發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)之調查，能源稅收(Energy tax)占 OECD 會員國 GDP 的 1%至 5%。其中部分國家的燃料稅(Fuel tax)部分約占 GDP 的 2%。以歐盟 15 國(EU-15¹)來說，2012 年燃料稅的稅收額約 2,000 億歐元，為主要稅收來源之一。然而，改善能源效率所帶來的效益，以附加價值稅最能反映此狀況。因能源效率改善，導致企業之產品或服務獲得提升，其產生之附加價值將對政府稅收產生影響。

¹ 歐盟 15 國(EU-15) 為德國、荷蘭、比利時、盧森堡、法國、義大利、丹麥、英國、愛爾蘭、希臘、西班牙、葡萄牙、瑞典、芬蘭和奧地利。

附加價值稅(或稱消費稅、增值稅，value-added tax, VAT)為目前國際上，各國政府的主要稅收來源之一。附加價值稅為一多階段銷售稅(multiple-stage)，可於每一個商業環節中徵稅，於各環節中所產生之稅收，將成為下一階段之成本，最終轉嫁到最後消費者身上。在法國附加價值稅占其全年稅收比例近 47%，在中國這個數字則接近 33%。

由於能源效率改善後，企業的生產成本降低，產能上升，帶動產品的數量增加，隨之與其產品相關之服務亦蓬勃發展，期間因能源效率提升所產生之效益，將被反映在附加價值稅上，增加政府的稅收。以 2013 年 IEA 對 2011 年全球能源效率市場的估算為例，當年全球能源效率市場約有 3,000 億美元左右。若以目前各國訂定之附加價值稅平均 10%至 25%來計算，將可產生 300 至 750 億美元之稅收。也就是說，當能源效率市場持續發展擴大時，政府之稅收亦會隨之增加。

受惠於能源效率改善，除了產品與其相關服務持續成長外，就業環境亦隨之改善。由於產品的數量增加，新的產品支援和服務產生，創造了新的工作機會，待業人口因而減少，亦降低政府在社會成本面的支出。而新增加的就業人口又會產生新一輪的消費，為原本經濟注入活水，形成一正向循環。

舉例來說，德國政府提供資金給德國復興信貸銀行(Kfw bank)，使其降低能源效率相關之融資借貸利息。這項計畫促進德國在能源效率市場之發展，創造了約 12 萬至 25 萬個就業機會。與此同時，新增的就業人口讓政府增加相關稅收約 41 億美元至 136 億美元。據研究，於 2020 年前若對能源效率市場投資達 560 億美元，將會創造出每年 76 萬個工作機會，政府的稅收亦將增加 410 億美元至 560 億美元。

此外，降低能源成本則是另一種影響公共預算的方法，直接降低政府之預算支出。根據世界銀行在 2011 年的估算，全球各國對於能源成本之支出比例，約占各國全年公共預算的 2%至 5%。然而，這個比例將會隨各國在能源結構上的發展不同，而有不同結果。以巴西

為例，2006 年巴西於電力的總支出占全年公共預算的 9%。2001 年歐盟 15 國(EU-15)於電熱系統之總支出則接近 10%左右。

(三)能源效率與工業生產力

在制定工業節能相關政策時，制定者必須充分考慮到，這些措施能否有效地滿足業界不同利益相關者之需求。對此，在 ISO50001 能源管理系統(Energy management system, EnMS)中的概念，就成為政策制定時之考量重點之一。在工業節能的案例中，能源效率的改善不一定要耗費大量的資金，僅藉由能源管理的改變即可達到能源效率提升的目的。以瑞典來說，瑞典能源署(Swedish Energy Agency)鼓勵公司設置可查詢能源效率之設備，藉此評估能源效率提升後其所帶來效益之量化結果，以此較易比較投入成本與產生效益之間關係。

從工業生產力上看，能源效率的改善將促進生產率的改良和企業競爭力的提升，其原因為企業對於環境所需負擔的費用降低、生產設備的生命週期得以延長、製程的改良和產品品質的提升，造成企業成本下降獲利提升。最後，受惠於能源效率的提升，工作環境獲得改善，受雇者的健康獲得保障，間接降低企業在人力成本的支出。在產業市場上，能源效率的改善可使得產品在單位能耗和碳足跡上有出色表現，使產品更容易進入新的市場，克服因環保法規或碳排放量上限等外在因素所帶來的限制。此外，對於企業的聲譽亦有相當的正面影響。

關於能源效率對工業的影響，報告中提出部分實際案例，展示能源效率改善後對企業所產生之效益。丹麥的一家公司擬改善能源效率，故對其製程部分進行改良，降低製程之進料數量，並利用臭氧元素和砂層過濾器降低冷卻水的溫度。透過這項改善，該公司每年約可節省 153,000 度之用電量，相當每年可節省 12,000 美元。減少製程中化學品之用量，降低了設備腐蝕損壞之危機，每年此部分共可節省 32,000 美元。最後，工作環境獲得改善、人力成本降低，對環境的負面衝擊也降低了。

另外，澳洲的一家鋁製品製造商(Worsley Alumina)在優化其製程後，其產線的穩定性和需投入原料的數量明顯減少。該公司提升能源效率後，每年將可多生產 3,000 噸的鋁，相當於每年增加 600 萬美元的商業收益(以每噸 2,000 美元計算)。綜合上述諸多因素可以總結出，藉由能源效率的改良，將會有效地降低企業成本支出，且因生產力的提升可使企業盈餘增加。

然而，至今為止，企業在能源效率改善方面的投入並不算多，其主要原因為，企業背後的利益相關者(Stakeholders)。企業經營者在決定投資某一項目時，必須考量到其投資報酬率和投入資金的回本速度。礙於以往對於能源效率的認識不足，故無法進行大規模投資。且在考量到無法短期回本的風險，多數企業經理人因而怯步。

其次，由於公司對能源效率提升之投資評估，無法有效地且全面地收集資料，且多數的成效，並非容易以量化數據表現，因而增加評估的困難度，成為阻礙企業投資能源效率改善的另一項因素。例如，產量增加、操作時間降低、生產成本降低和投入原料減少都是可以清楚量化，且為能源效率改善後短期即可發揮之效益。與此相比，大眾對該公司或產品的印象好壞、競爭優勢增加和改善顧客滿意度等，則為較難量化且其成效需較長時間才能展現者。此外，改善工作環境、員工安全增加、降低噪音、改善照明和空氣品質變好等，雖短時間即可發揮其效益，然在進行相關投資評估時，仍較難將其表現量化。關於這部分能源效率提升後，其效益之估算方法如以下之說明。

(四)能源效率改善之效益估算方法

由於目前研究較少探討，如何量化計算能源效率所帶來的效益。IEA 嘗試在這份報告中列出評估時所需考慮的重點，以及其方法。在進行能源效率相關投資評估時，有三項要點必須加以考量。收集到資料的有效性、評估所需之時間及結論形成所需之時間。在進行相關估算時，較常用的做法是以現有的資料和證據進行推估。譬如，以過往

相似的政策或是已在進行的政策等所產生之成效作為基準，推估新政策或投資可能產生的效益。

一般來說，評估能源效率改善後其效益，多半以降低能源需求多少，或減少二氧化碳排放之數量為主。然而，由於計算的方法不同使得估算困難。越來越多的專家呼籲以「能源需求淨減少量」(net energy demand reduction)做為統一比較之基準。這將可以使能源效率所產生的多種效益被量化。

對於較難量化的影響則需增設一些條件作為輔助。例如，對健康的影響該如何進行量化表示。以紐西蘭為例，紐西蘭政府希望藉由住宅改造措施的進行，讓部分孩童能夠在較為乾淨和健康的環境成長。量化的算法是將改造前後，孩童生病日數的變化量做統計，並假設當孩童生病無法上學待在家裡時，家長為此需付出每日六小時進行相關照顧，在將付出的時數乘上該國最低工資，即可獲得量化數據。同理亦可應用在藉由能源效率改善對健康所造成的衝擊。

除此之外，像是能源效率對公司聲譽的影響等，較為抽象的效益評估，亦可用消費者剩餘(willingness-to-pay, WTP)或生產者剩餘(willingness-to-accept, WTA)進行評估。此外，分解分析(Decomposition analysis)、轉換供給曲線(Conservation Supply Curves, CSCs)或 CGE 模型(Computable General Equilibrium models)等為目前較常用的估算方法。至於資料相關收集和分享上，目前有全球優越能源效能夥伴(Global Superior Energy Performance, GSEP)及能源管理行動網絡(Energy Management Action Network, EMAK)為主要之兩大平台。

當評估完能源效率所產生的效益後，如何進一步將評估後結果和政策走向結合，就必須靠其它的工具(tools)。成本效能分析(Cost-Effectiveness Analysis, CEA)和成本效益分析(Benefit-cost analysis, BCA)是較常用的兩種方法。成本效能分析(CEA)為在可達到目標的方案中，提供一個最佳選擇的分析方法。成本效益分析(BCA)則是為決策方案提供一種是否有利益的分析方法。兩者皆是在比較各

備選方案的成本與效益之差別。不同地方在於，成本效能分析(CEA)在計算時並非完全以貨幣為單位，而是以財貨、服務或其他相關價值產出等，衡量其單位並列為測量的基礎。

四、結論

IEA 希望透過本報告的傳達，能讓更多人了解，能源效率改善後，其所帶來的諸多效益。IEA 透過收集近年和能源效率有關的研究結果，彙整成此篇報告。雖然有許多地方仍待後續深入研究，不過於報告中明確指出，改善能源效率對政府、企業乃至於個人可帶來的諸多益處。這些效益環環相扣，彼此之間互相影響，其所產生之加乘效果，改變了許多人對能源效率就是降低能源需求之刻板印象。

本報告促使能源政策制定者在政策制定時，能有更廣泛的考量。除了考量到政策的達成與否外，亦能將其所產生之外溢效果考量進去，例如，回彈效應（the rebound effect）。除政府的政策制定外，真正影響該產業乃至於該國之能源效率改善，實為企業是否願意確實執行。

以耗能較大之工業來說，企業對生產設備或製程的改良意願，直接影響該企業的能源效率情況，故如何說服企業願意進行相關投資事關重要。本報告提供企業一個重要的概念為，除了考量原本技術上的能源節約所帶來效益外，還需將其它無形或需較長時間才能顯現之效益，一同納入評估。譬如因受雇者的健康狀況改善，使人力成本降低。IEA 希望透過本報告的傳達，讓更多投資者和企業經理人能更加全盤地考量能源效率改善所帶來之效益。

對於我國政府來說，報告中所提及的諸多節能措施，目前已確實在執行當中。我國政府早於 1983 年能源危機起，就著手制定國內的能源政策，並推動能源效率之提升。目前政府對於能源效率之改善目標為，依據 2008 年頒布的「永續能源政策綱領」中提高能源效率部分。自 2008 年起未來 8 年，每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集

度於 2015 年，較 2005 年下降 20%以上，並藉由技術突破及配套措施，2025 年前下降 50%以上。隨後，2010 年行政院核定推動「國家節能減碳總計畫」。其中，共有十大方案和 35 個標竿型計畫，為目前我國節能減碳計畫推動之主軸。2012 年再通過核定「能源發展綱領」，對需求面提出分期總量管理、提升能源效率的核心方針。由於，我國目前能源利用狀況，以工業耗能最多占整體能源消費 50%以上，故政府對能源密集產業水泥、鋼鐵、石化、造紙、紡織和電子等產業，以逐步提高其能源效率基準之管理辦法，進行總量管控。

除政府的倡導外，目前國內企業對能源效率改善亦跟隨政府政策發展。例如，推行多年的區域能源整合系統。該系統讓電和熱的流動範圍，從單一廠區擴大到周邊的工廠或大樓，在此區域內形成一循環系統。以國內來說，2012 年臺灣合格汽電共生之總裝置容量，約占全國電力總裝置容量之 15.1%。另有多家企業進行區域熱電整合供應，例如，中鋼、台塑麥寮、大園汽電、華亞汽電及台灣汽電等。

耗能量大的鋼鐵業，其龍頭企業中國鋼鐵(簡稱中鋼)自 1993 年以來，持續推動以中鋼為核心的工業區能源供應網，向外出售煉鋼後產生之廢熱或蒸氣，及氧氣工場產出的氧氣、氮氣、氫氣等。2011 年於臨海工業區，中鋼公司對外售出蒸汽 236.5 萬噸，相當於節省 18.2 萬公秉油當量。工業區之區域能源整合，有效提升能源利用之效率，降低整體能源需求，創造新的經濟效益。

對臺灣來說，本篇報告真正能產生影響到的應該是企業的部分，由於企業主對於改善能源效率之投資考量，往往因訊息不夠充足而無法下決斷。本報告為這些企業主模擬了能源效率改善後所帶來的結果，指出許多能源效率改善後隱藏的效益，尤其是在人的部分，也就是員工的部分，本篇報告提出了以往其他報告未提出的看法，並將能源效率的改善延伸至人的部分。雖然這部分也是最難估算的，然而，本篇報告提出的諸多效益對這些企業主具有一定的參考價值，這些價值雖然難以量化，但其展現出之效益，將可吸引企業主們進行能源效

率的投資。

五、參考資料

經濟部能源局，2014，「2014 年能源產業技術白皮書」。

楊日昌，2014，“能源與節能減碳：一些重要的概念”，能源期刊，第一卷，第三期。

劉毅弘、潘述元、葉光哲、羅蕙琪、戴文達、黃一德、劉子衙、詹益亮，2013，“推動區域能源整合介紹”。

徐偉初、歐俊男、謝文盛，2008。財政學，華泰文化事業股份有限公司，台北市。

IEA (International Energy Agency), 2013, *Energy Efficiency Market Report 2013*.

IEA, 2014, *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*.

<http://terms.naer.edu.tw/detail/1317117/>, 2014/10/24.

<http://www.nou.edu.tw/~dpa/learning972-5.htm>, 2014/10/24.