

全球 12 大經濟體能源效率評比

何叔憶

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

美國能源效率經濟委員會(American Council for an Energy – Efficient Economy, ACEEE) 於 2012 年針對全球 12 大經濟體進行能源效率評量，評鑑各國提升能源效率的推行成效。此報告中透過評比各經濟體在國家努力、建築、工業與運輸等四大構面的能源效率，使各國政府瞭解其能源效率的改善空間，提供各國未來調整能源政策的規劃方向。而本報告也參考 ACEEE 國際能源效率評分機制計算國內能源效率之得分，以檢視國內能源效率政策，並提出其他國家的政策與表現，作為我國未來修訂政策之參考。

一、前言

美國能源效率經濟委員會(ACEEE)針對全球 12 大經濟體(美、英、德、法、俄、中、日、義大利、歐盟、加拿大、澳洲、巴西)，進行能源效率的分析與排名，而 12 大經濟體合計涵蓋全球 78%以上之國內生產毛額，占全球 63%的能源消耗及 62%的二氧化碳排放量。評比機制以「國家努力、建築、工業、運輸」四大構面，27 項指標為衡量標準，評估 12 大經濟體如何有效地利用能源。而在滿分為 100 分之下分配四大構面之分數，其中國家努力分數占 25 分，其餘分數則依 12 大經濟體之工業、建築、運輸等三大部門之平均能源消耗比例分配，並依據 ACEEE 專家建議分配 27 項指標的分數，其中又可分為政策與性能之衡量標準。政策的衡量標準是依據國家所提出的最佳實施策略，例如：一個國家提出的能源節約目標、車輛的燃油經濟性標準和使用器具的能源效率規範。而性能的衡量標準則估算各部門的能源效率，以提供量化結果，例如：國家能源密集度、車輛每單位燃油

的平均行駛里程，和建築物單位樓地板面積所消耗的能源。依據此評分機制評估 12 個經濟體的得分和排名，表 1 列出 27 項指標的分配權重與各國之得分，表中屬於「政策」衡量標準，合計 47 分，其餘則屬「性能」衡量標準。

表 1、主要經濟體有效使用能源的衡量標準及其得分

國家有效使用能源的衡量標準		世界主要國家與經濟體之評分總表												
衡量項目	分數	英國	德國	義大利	日本	法國	澳洲	中國	歐盟	美國	台灣	巴西	加拿大	俄羅斯
國家努力	25	18	19	16	18	15	17	10	13	11	9	5	12	6
1.能源生產力	4	4	3	4	4	3	2	0	3	1	0	2	1	0
2.能源密集度改變	4	2	4	3	2	4	2	3	3	1	0	0	2	0
3.火力電廠效率	4	4	3	3	4	1	2	1	2	2	3	1	2	0
4.強制性節能目標*	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	2	2
5.稅賦優惠與貸款計畫*	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	2	2	3	3
6.能源效率上經費*	5	1	4	0	2	0	5	1	2	1	0	0	1	1
7.能源效率研發上經費*	3	2	0	1	1	2	3	1	1	3	2	0	1	0
建築	28	17	17	16	15	16	19	23	18	17	7	13	9	8
8.住宅建築之能源使用	5	1	0	3	4	0	5	5	2	1	2	5	1	0
9.商業建築之能源使用	5	3	4	0	0	3	1	5	3	2	0	2	1	2
10.住宅建築法規*	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	0	0	0	1
11.商業建築法規*	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	0	0	0	1
12.建築標示*	3	3	3	3	1	3	2	2	3	1	1	1	1	3
13.使用器具和設備標準*	6	2	2	2	3	2	2	4	2	6	2	2	5	0
14.使用器具和設備標示*	3	2	2	2	2	2	3	3	2	1	2	3	1	1
工業	24	18	16	17	17	17	12	9	12	14	18	10	9	9
15.工業部門的能源密集度	8	8	8	7	7	7	5	0	7	6	4	5	5	1
16.CHP產生的工業電力	6	6	3	4	1	3	2	3	4	4	6	3	0	3
17.製造業研發上的投資*	3	1	2	1	3	2	1	2	1	2	2	2	1	0
18.和製造業者的自願性節能績效協議*	3	3	3	3	2	3	2	0	0	2	2	0	3	3
19.指定工廠能源管理者*	2	0	0	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0
20.強制性能源查核*	2	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	0	0	2
運輸	23	14	14	14	12	12	8	14	13	5	13	13	7	13
21.人均車輛行駛里程	3	1	2	2	2	1	2	3	2	0	3	3	1	3
22.乘用車之燃油經濟性	3	3	2	3	0	2	0	1	2	0	1	1	0	1
23.燃油經濟性標準*	3	3	3	3	3	3	0	1	3	1	1	0	1	0
24.貨運運輸業的能源密集度	4	0	3	0	1	1	4	4	2	3	1	3	3	4
25.每單位經濟活動的貨運運輸	3	3	2	3	3	3	1	0	2	1	3	1	2	0
26.公共運輸的使用	4	1	1	1	3	1	1	4	1	0	1	4	0	2
27.軌道運輸的投資*	3	3	1	2	0	1	0	1	1	0	3	1	0	3
合計	100	67	66	63	62	60	56	56	56	47	47	41	37	36
資料來源：The ACEEE 2012 International Energy Efficiency Scorecard, Report no. E12A.本研究整理。														
上表列出27個衡量項目的分配分數，總分為100。依據此表評估12個經濟體的得分和排名。表中標示「*」的衡量項目屬於「政策」衡量標準，合計47分，其他衡量項目屬於「性能」衡量標準，共53分。														

為提升國際競爭能力，提升能源效率對台灣而言實屬重要議題，本報告期望藉由檢視 ACEEE 對於各國之評量與台灣能源效率之執行現況，作為我國未來修訂能源政策之參考。

二、 評估架構

在 27 項指標當中，選取不一樣的計算因素將造成各國間能源效率表現的差異，譬如說若國家工業結構占比較高，則其能源耗用量將會與工業之產業別相關；氣候亦為影響能源消耗量的重要因素，評分指標將依各地區氣候特色，調整建築能源耗用指標的計算模式，而

ACEEE 評比機制已針對各項指標作部分調整來減少變動因素之影響。為均化比較各國間的能源效率表現，能效指標常以各國國內生產毛額或人口數為調整因子，表 2 以 12 大經濟體的人均最終能源消費與能源密集度說明，在不同的調整因子下，各國將會有不同的排名順序。而此 27 項指標的調整因子由 ACEEE 專家建議，未來 ACEEE 也將根據時事脈動、政策布局演進與回饋建議，調整評分機制以求完善。

表 2、12 大經濟體人均能源消費與能源密集度[1]

平均每人能源消費量(TOE/人)		能源密集度(kTOE/十億美元)	
巴西	0.99	日本	57.44
中國	1.07	英國	58.75
義大利	2.08	義大利	61.21
英國	2.12	法國	62.6
歐盟	2.3	德國	68.26
日本	2.46	歐盟	71.18
法國	2.47	澳洲	84.03
台灣	2.73	巴西	91.38
德國	2.74	美國	100.26
俄羅斯	2.98	加拿大	123.12
澳洲	3.48	台灣	152.37
美國	4.73	中國	241.79
加拿大	5.69	俄羅斯	285.73
註：			
1.IEA 2011Data services(energy consumption data)			
2.World Bank 2011(GDP and population data)			
3.IEA Key World Energy statistics 2011。			
4. IEA Database，各部門能源消耗。			

註：kTOE 表千公噸油當量。

1. 國家努力

對於推動能源政策，國家政府扮演了極為重要的角色。在國家努力方面，評分機制將衡量各國政府橫跨產業與經濟面的能源效率表現以及政府對未來之節能承諾。

表 3、國家努力衡量指標之定義

衡量項目	分數	評分機制
國家努力	25	
能源生產力	4	國內生產毛額(以美元計算)/能源消耗(公升油當量)
能源密集度改變	4	$\frac{2009\text{年能源密集度} - 2000\text{年能源密集度}}{2000\text{年能源密集度}} * 100\%$
火力電廠效率	4	火力發電廠淨熱效率 - 線路損失率
強制性節能目標	2	國家是否明確規劃其節約能源目標。
稅賦優惠與貸款計畫	3	政策有無推動各產業的貸款計畫與稅賦優惠
能源效率上經費	5	年度能源效率總投資/人口數
能源效率研發上經費	3	年度能源效率研發投資/人口數
資料來源: ACEEE, The ACEEE 2012 International energy efficiency scorecard, 2012.		

2. 建築部門

建築項目主要比較或量化住宅與服務業的能源效率表現以及相關的政策。

表 4、建築部門衡量指標之定義

衡量項目	分數	評分機制
建築	28	
住宅建築之能源使用	5	$\frac{\text{建築物能源耗用}}{\text{樓地板面積}} / (\text{冷房度日} + \text{暖房度日})$
商業建築之能源使用	5	
住宅建築法規	3	考察國家是否訂定建築外殼隔熱、門窗熱量傳導指數與阻擋太陽熱量指數、照明效率、冷暖空調系統、氣密性等五項建築評估法規。
商業建築法規	3	
建築標示	3	所有建築物皆納入建築標章與耗能揭示規範(含新舊建築住宅與服務業)則可得到滿分。
使用器具和設備標準	6	推動容許耗用能源效率基準(MEPS)，此項指標依規範產品數計算得分。
使用器具和設備標示	3	依分類等級或連續尺度標示其能源效率值而計算得分。
資料來源: ACEEE, The ACEEE 2012 International energy efficiency scorecard, 2012.		

3. 工業部門

工業項目主要比較或量化工業部門的能源密集度、工業消耗電力中由汽電共生提供的比例以及與能源查核等相關推動政策。

表 5、工業部門衡量指標之定義

衡量項目	分數	評分機制
工業	24	
工業部門的能源密集度	8	$\frac{\text{工業部門能源耗用}}{\text{工業部門 GDP}}$
汽電共生之工業電力占比	6	$\frac{\text{工業部門消耗電力 (由汽電共生發電)}}{\text{工業部門消耗電力}} * 100\%$
製造業研發上的投資	3	$\frac{\text{工業部門研發投資經費}}{\text{國內生產毛額}} * 100\%$
和製造業者的自願性節能績效協議	3	若政府計畫可同時影響業者節能成效並提供財務誘因，則可得到滿分。
指定工廠能源管理者	2	法規明定業者須設置能源管理人員，則可得到滿分。
強制性能源查核	2	政府規定業者須定期能源稽核，則可得到滿分。
資料來源：ACEEE, The ACEEE 2012 International energy efficiency scorecard, 2012.		

4. 運輸部門

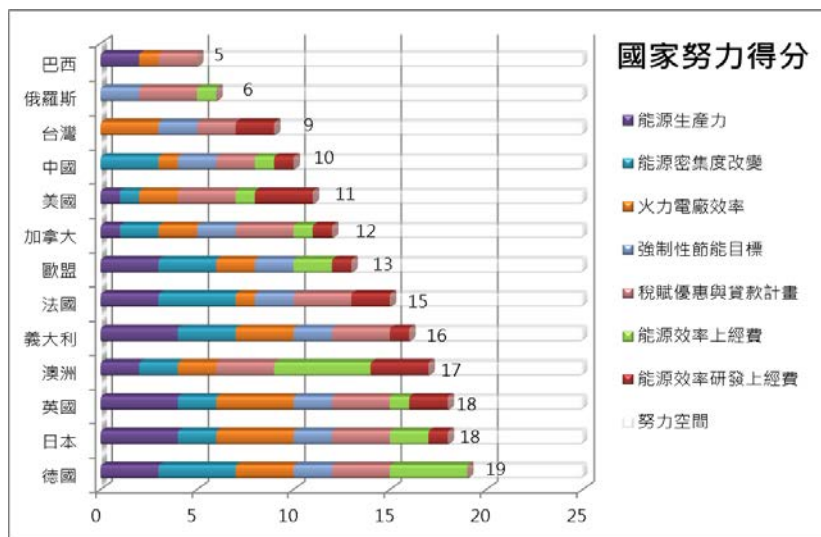
運輸項目主要針對自用車、大眾運輸以及貨運業等比較或量化其延車公里、燃油經濟、貨運運輸之能源密集度與大眾運輸的使用投資等相關指標。

表 6、運輸部門衡量指標之定義

衡量項目	分數	評分機制
運輸	23	
人均車輛行駛里程	3	$\frac{\text{自用客車年度總延車公里數}}{\text{總人口數}}$
乘用車之燃油經濟性	3	若國家到2015年時訂定其燃油耗能標準為每加侖可行駛英里數超過40以上，則可得到滿分。
燃油經濟性標準	3	針對自用客車計算其平均道路燃油消耗量，若每加侖可行駛英里數超過35以上，則可得到滿分。
貨運運輸業的能源密集度	4	$\frac{\text{貨運運輸能源消耗}}{\text{延噸公里數}}$
每單位經濟活動的貨運運輸	3	$\frac{\text{貨運延噸公里}}{\text{國內生產毛額}}$
公共運輸的使用	4	$\frac{\text{延人公里(鐵路、巴士、客運)}}{\text{內陸總延人公里數(不含機車)}} * 100\%$
軌道運輸的投資	3	政府於鐵路運輸與公路運輸的投資比
註： 1.延車公里 = 年平均每車行駛里程*車輛數。 2.延人公里 = 年平均每車行駛里程*車輛數*乘載率。 3.延噸公里 = 運送貨物之重量*運具行駛里程。 資料來源: ACEEE, The ACEEE 2012 International energy efficiency scorecard, 2012.		

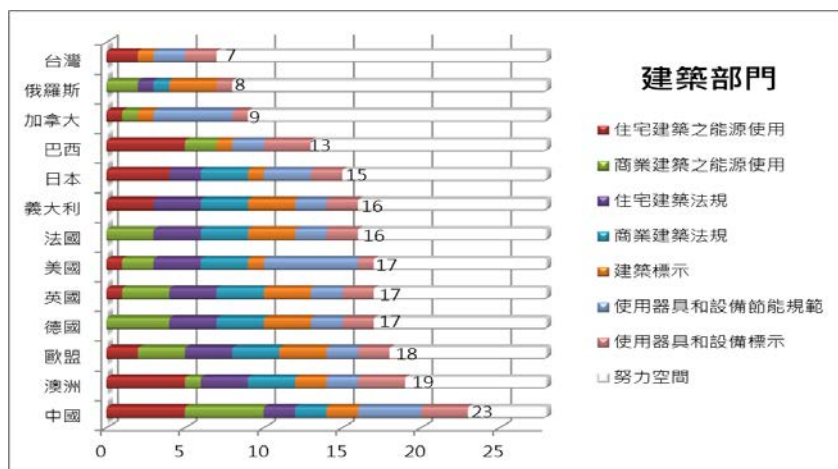
三、 評量結果

ACEEE 國際能源效率評比報告針對全球 12 大經濟體進行評估，而所評估之結果，如圖 1 到圖 4 所示。在四大構面中獲得最高分之國家分別為德國在國家努力方面獲得 19 分，中國在建築方面獲得 23 分，英國在工業方面獲得 18 分，以及義大利、中國、德國和英國在運輸方面均獲得 14 分；而在整體表現上首屈一指的國家則為英國，獲得 67 分。從得分結果顯示可得知 12 大經濟體都有其改善進步空間由於每個國家有著不同之強項，因此，本評析以英國、德國及中國為例，進行評估結果之說明。



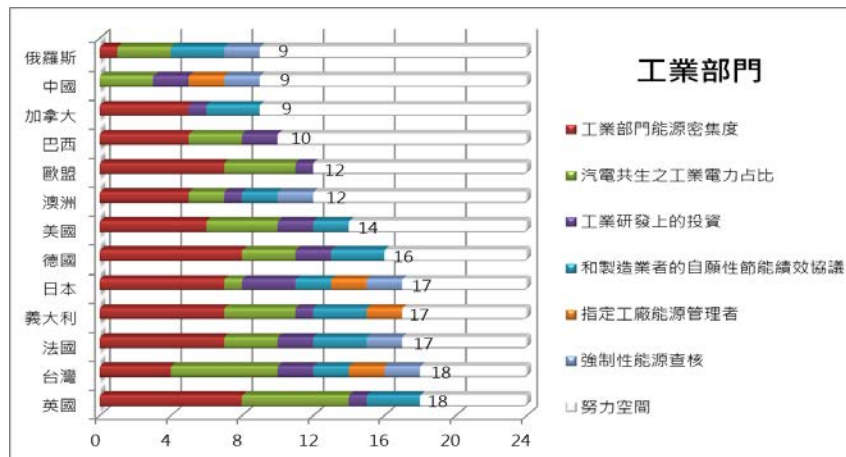
資料來源：本研究整理

圖 1、各國於國家努力構面之評比結果



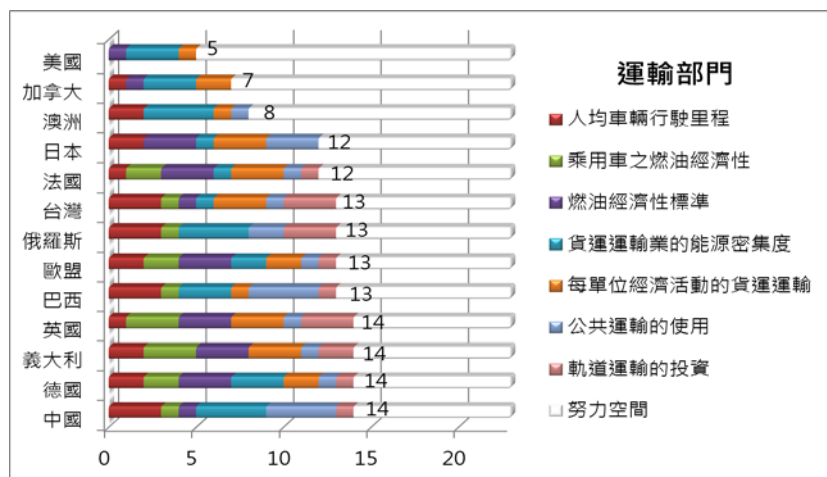
資料來源：本研究整理

圖 2、各國於建築部門之評比結果



資料來源：本研究整理

圖 3、各國於工業部門之評比結果



資料來源：本研究整理

圖 4、各國於運輸部門之評比結果

1. **英國**：英國在國際能源協議中一直扮演主動積極的角色，英國在 2007 年公佈能源效率行動計畫(Energy Efficiency Action Plan , EEAP)，為整合各部會實施及規劃中，各項提升能源效率的政策及措施，期能達成在 2016 年節能 9%之目標。而英國政府透過推動能源相關政策，如低碳轉換計畫(Low Carbon Transition Plan)、能源法草案(Energy Bill 2010)和綠色新政(Green Deal)能源效率計畫等，以一系列的策略架構延續過去實施的多項能源效率措施並展現其減少能源消耗的決心。而在推動節能減碳方面，除了提供明確的政策導向外，也仰賴稅賦、貸款等金融手段的調節作用，以大量的利多及補貼政策，加速各項節能政策的推動。在建築部門方面，英國政府推動住宅與商業建築之能源性能證明(Energy

Performance Certificate)，註明建築能源效率，以及可採行之節能措施，供使用人參考，進行建築能源效率改善，且住宅建築之興建、租售、抵押行為，皆需檢附能源性能證明方可進行。英國政府亦規劃於 2016 年推動無碳建築之立法，要求新建築採用市場可行之最佳節能技術。英國在工業部門評比得分中拔得頭籌，不論是在汽電共生之工業電力占比或是在工業部門能源密集度指標上，英國都表現良好，但在工業部門研發上的投資仍須加強。而在運輸部門則仍需加強公共運輸之使用率以及貨運運輸業的能源密集度表現。英國雖在 ACEEE 的評分中以 67 分拔得頭籌，但在部分指標上仍有改進的空間。英國政府多年來致力於提升能源效率，並設定高標準的能效目標，以表達積極推展的決心；政府亦藉由政策執行、法律訂定，以及經濟制度的激勵，帶領企業和民眾採取節能減碳行動，促使英國在能源政策領域具領先的地位。

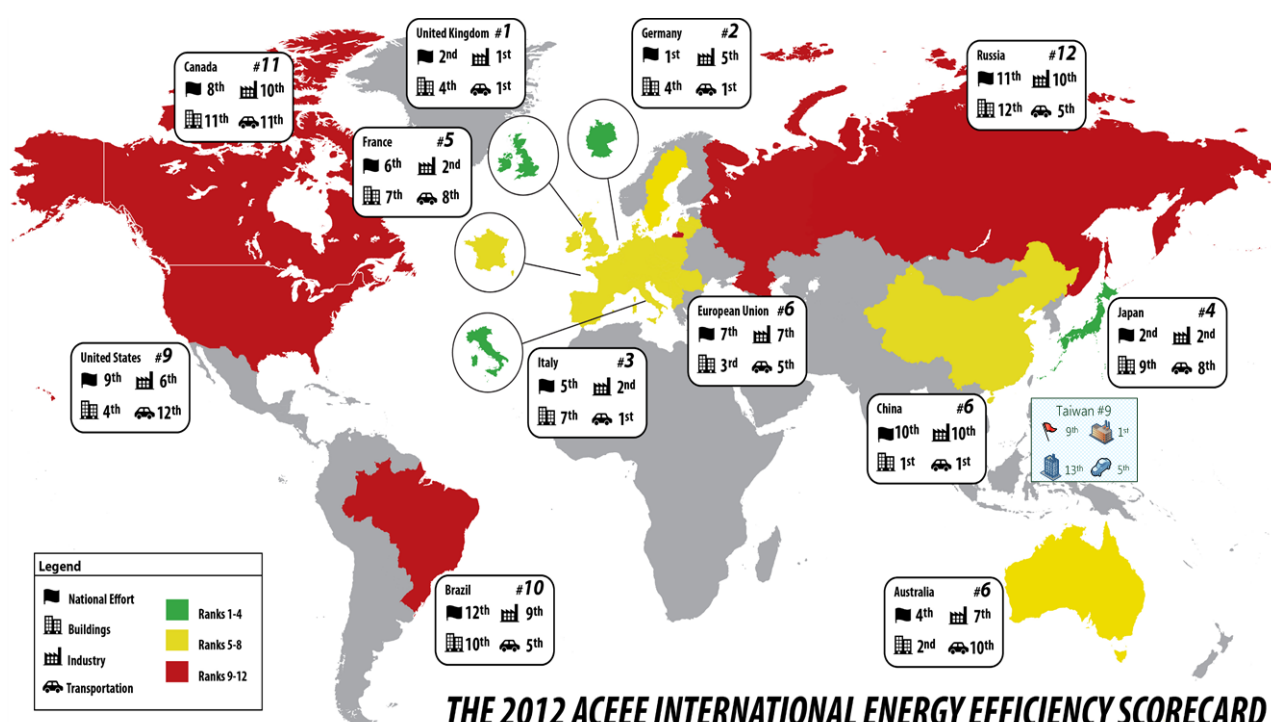
2. 德國：德國在 ACEEE 評分機制中總分排名高居第二，尤其在國家努力以及運輸部門方面皆表現優異，因此將探討德國政府在國家努力及運輸部門的能源效率政策。德國政府於 2010 年透過能源政策的制定打造對環境友善、可信賴及可負擔的能源供給 (Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable, and Affordable Energy Supply) 之領導方針，以明確的國家能源政策開啟節能減碳與發展再生能源的時代。而在此方針下，德國在 2020 年的能源消費須較 2008 年減少 20%，且在 2050 年時其能源消費須較 2008 年減少 50%；電力消費於 2050 年的目標為須較 2008 年減少 25%；並規劃在 2022 年時關閉所有核電廠。在運輸部門方面，藉由有效率的運輸結構與系統，維持經濟成長及運輸流通性為德國政府的主要目標。因私人運具之能源使用效率不及公共運輸，在私人運具部分，德國將汽油燃料稅改以二氧化碳排放為計算基礎並實施階梯式燃料稅制，以經濟手段間接淘汰高污染、低效率的老舊運具，引導民眾使用高能源效率的車種。德國是歐

洲的重點貨運轉運樞紐，針對公路貨運運具則採以排放量累進課稅。推展公共運輸為降低交通部門能源消耗及汙染的主要方法，德國在發展公車及鐵路網絡上都有顯明的推行政策，並為使駕駛人培養節能的駕駛習慣並鼓勵搭乘大眾運輸，德國政府在宣導推廣駕駛行為之改善亦有相當之貢獻。德國在整體能源政策上，其主要採行的策略可分為行政管制、經濟誘因、發展替代能源及再生能源、稅制改革、核能政策等類別，而在整體 ACEEE 評分機制上可看到德國仍可再加強能源效率的研發投資，研擬刺激企業投資與研發以提升能源效率、降低成本的配套措施，以提高其國際競爭力。

3. 中國：中國是世界上人口最多的國家，且為第二大經濟體與第一大出口國。但在 ACEEE 評分機制中，中國能源效率整體排名僅位於第五名，但卻在建築與交通部門兩項表現高居首位，因此將探討中國在此二部門推動的能源效率政策，以便作為我國制定政策之參考。在中國十二五計畫中，除設定國家節能減碳目標外，亦提出未來各項議題發展的優先性，以及各部門之政策目標。在交通及住宅部門實施燃料效率標準與電器設備能源效率標準，預計透過能源效率改善，改善交通運輸能源耗用問題以及減少住宅部門電力消費成長與溫室氣體排放，嚴格落實節能減碳的責任目標。在建築部門方面，中國商業或住宅建築上每單位樓地板面積能源消耗相較於其他國家皆呈現較低之數值，可從其中推論出兩項原因造成此項結果，一為占大多比例的農村建築拉低其能源密集度，二為整體國家能源服務需求較低，因此中國政府仍須針對農村地區建築能源消耗加強管理。目前中國正處於工業化和城鎮化快速發展階段，建築物樓地板面積以每年成長 16~20 億平方公尺之速大幅度增加建築能耗，因而政府針對提升新舊建築物能源效率提出一系列的政策與措施，例如新建築節能設計標準、民用建築節能管理規定、建築節能管理條例等規範。而中國對於推行建築節能實質性經濟鼓勵的政策較缺乏，因此可參考國外先進國

家為促進建築節能所採取的財政補助政策。在運輸方面，中國快速成長的公路、水路客貨運以及民航運輸，皆為中國在 ACEEE 評分機制中帶來不少得分。在未來的運輸業結構方向，中國將以綜合運輸體系建設為主，包括交通基礎設施、高能效汽車與運輸裝備等領域發展，然而中國運輸部門在此方針下，仍需加強交通運輸管理水平，以達相輔相成之效。

綜上所述，可進一步藉由分析各國推行之能源效率相關政策，以說明各國得分的主要推動力量，英國主要強調能源使用效率、節約能源及調整稅賦為經濟手段，並同等強調各部門的能源效率措施，抑止整體能源消費量的增加，以使英國在能源政策領域具領先的地位；德國以稅賦或財政補貼辦法，引導可降低能耗的新技術進入主流市場，另外亦用提高稅賦的經濟手段淘汰高耗能的老舊設備；中國則著重在建築政策制訂與法令，但仍須強化各政策推行後之管理機制以有效達成其訂定之節能目標。



資料來源：ACEEE, The ACEEE 2012 International energy efficiency scorecard, 2012.

圖 5、各國之評比排名順序

四、我國現況與借鏡

藉由 ACEEE 能源效率評比，可說明國際間各國節約能源之積極性及我國進步空間。雖說各國的社經條件、氣候環境與能源結構不盡相同，本評析藉由評估國內之得分情形，檢視我國節能政策的實施成效，進而分析在各部門推行策略下仍可進步的空間，表 7 為我國能源效率評比得分與排名情形。

表 7、台灣能源效率得分與排名

	總分	國家努力	建築部門	工業部門	運輸部門
分數	47/100	9/25	7/28	18/24	13/23
排名	9	9	13	1	5

1. 在國家努力部分，我國在設定國家節能減碳目標、投資提升能源效率的研發經費以及提供產業貸款優惠政策等政策性衡量指標上得分，但在衡量國家能源密集度的相關性能指標上如能源生產力、能源密集度歷史改變比例上卻無得分，但在能源生產力指標上，我國的表現較最低得分標準僅僅只有些微差距，因此可知政府應加強落實推動提升能源效率之相關政策，而在配合具體可行的方案下，仍須考量如何使各推行政策呈現應有的節能成效，以及建立各政策的後管理機制。(圖 1)
2. 在建築能源效率方面，我國在此項目敬陪末座。雖然在家電設備的耗能標示與標準上，我國目前已有推動國內容許耗用能源基準、節能標章與能效分級標示等三種能效管理措施，但我國則仍須加強住宅與服務業部門能源耗用、強制性建築法規與建築標章的表現，建築部門能源效率政策則需調整至以整體能源效率進行規範與檢視，強化管控建築物能源效率，期達與家電設備能效管理措施相輔之效。(圖 2)
3. 工業部門為我國主要能源消費產業，因此政府特別針對工業部門提出一系列改善能源效率計畫，如提升火力發電廠能源效率、推動產業溫室氣體自願減量、進行能源密集產業政策環評等方案。在 ACEEE 的評分機制下，我國工業部門以 18 分之分與英國同

列第一。因此，政府未來在推動工業節能減碳的政策方向上，除了推出相關配套措施外，如融資貸款、租稅獎勵、促進投資、研發補助、技術服務等獎勵輔導措施，也可採取產業能源消耗過量之相關罰則，以加速產業汰換老舊設備，落實節能減碳之成效。(圖 3)

4. 在運輸部門方面，我國則需加強在機動車輛油耗標準管理、貨運運輸業的能源密集度以及公共運輸的使用率。目前國內已依能源管理法增訂車輛能源效率標示之時程、抽驗及稽核等規範以增進國內車輛之能源效率，未來可考慮提供高能效車輛的減稅及補助，並協助建立高能效車輛的研發技術平台，以加速市場引進低耗能運具。由於私人運具之能源使用效率不及公共運輸，推動便捷大眾運輸網之政策可減少私人運具之使用，但私人運具的便利性造成民眾搭乘公共運輸的意願降低，因此政府仍需規劃更為完善的大眾運輸系統以提高其使用率。(圖 4)

ACEEE 建立此套國際能源效率評分機制，卻未在報告中詳細說明選取各項指標之來由及配分權重考量因素，然而各國國情、能源結構與環境等條件不同，若僅以若干指標權衡國際間之排名，恐失評比之公平性。以我國工業部門為例，我國雖在工業部門排名取得頭籌，但在工業部門能源密集度表現卻位居倒數第三名，依據衡量項目來看，若僅以工業汽電共生用電比例、強制性能源查核、設立能源管理者等其他相關輔助政策同作為衡量工業部門能源效率表現的指標，恐欠缺評比周全性。因而在研擬國際能源效率評分機制時，需嚴謹考量各因素之成效比例，但我國仍可藉由 ACEEE 評分機制評估國內能源效率表現以供參考，並借鏡各部門得分名列前茅的國家所訂定的能源政策，亦可運用此評分機制為平台，發展國內能源效率政策推行績效檢視機制，以調整我國能源效率政策的方向或管理。

參考文獻

1. ACEEE, The ACEEE 2012 International energy efficiency scorecard, 2012.
2. IEA Database, Key World Energy statistics, 2011.
3. WEC Database, 2012.
4. 台灣電力公司，100 年台電統計年報，2011。
5. 經濟部能源局，能源統計年報與能源統計月報，2012。
6. 經濟部綠基會，集合住宅節能手冊。
7. 內政部營建署，住宅建坪統計資料。
8. 行政院主計處，國民所得統計資料。
9. 行政院主計處，工商普查總報告，2006。
10. 行政院國家科學委員會，全國科技動態調查書刊，2011。
11. 中華民國交通部統計資料庫。
12. 經濟部能源局，100 年車輛油耗指南。
13. 經濟部能源局，車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法。
14. 行政院經濟建設委員會，因應高油價時代綠色運輸新思維新聞稿 2012。
15. 內政部營建署，建築技術規則(建築設計施工編、建築構造編、建築設備編)。
16. 姚志廷，建築研究簡訊第 75 期，隔熱材料對建築外殼隔熱性能及節能效益之影響。