

# 台灣能源安全指標 (一〇八年第三季)

---

研究單位：中央大學台灣經濟發展研究中心

研究成員：梁啟源講座教授

108年12月27日

# 簡報大綱

- 一 台灣能源安全指標簡介
- 二 台灣能源安全指標編製結果
- 三 台灣能源轉型指標與各國排名比較
- 四 結論與建議
- 五 附件：台灣能源經濟現況
- 六 附錄：編製說明

# 台灣能源安全指標簡介

---

1. 研究緣起
2. 台灣能源安全指標架構

# 研究緣起

- 各國致力於控制溫室氣體排放量，以減緩全球暖化，亦進行電力市場改革加速能源轉型，我國同樣透過提高再生能源發展目標、電業自由化等方式，推動能源轉型。
- 傳統的能源安全指標多半僅衡量供給面因素，流於獨立呈現，欠缺系統性觀點，故須建立一套指標系統：
  - 綜合考量初級能源供應、能源消費與基礎設施完善
- 另以世界經濟論壇(WEF)之能源轉型指標為基礎，建立能源轉型國際評比指標，比較我國和世界主要國家於能源轉型進程中之相對表現。

# 台灣能源安全指標架構

參考世界能源大會(WEC)的能源脆弱度架構，予以**本土化**，並將能源安全指標定義為能源脆弱度的倒數。

■ 考量各類能源之進口(來源)集中度、進口(來源)國風險和初級能源結構。

■ 考量電力和天然氣基礎建設的品質和可靠度。

■ 考量能源消費結構、使用效率與價格對用戶的影響。

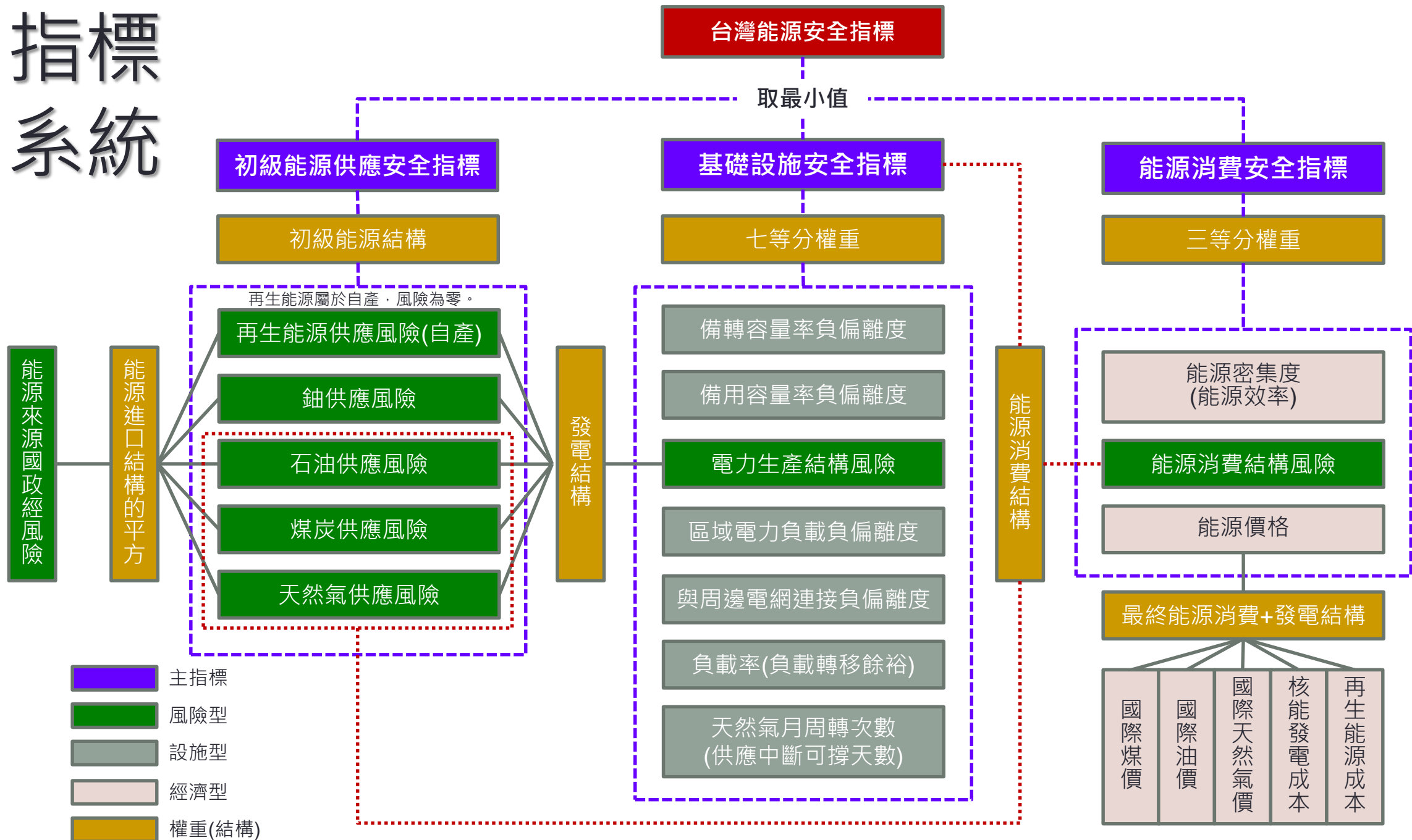
總能源安全指標

初級能源供應安全指標

基礎設施安全指標

能源消費安全指標

# 指標系統

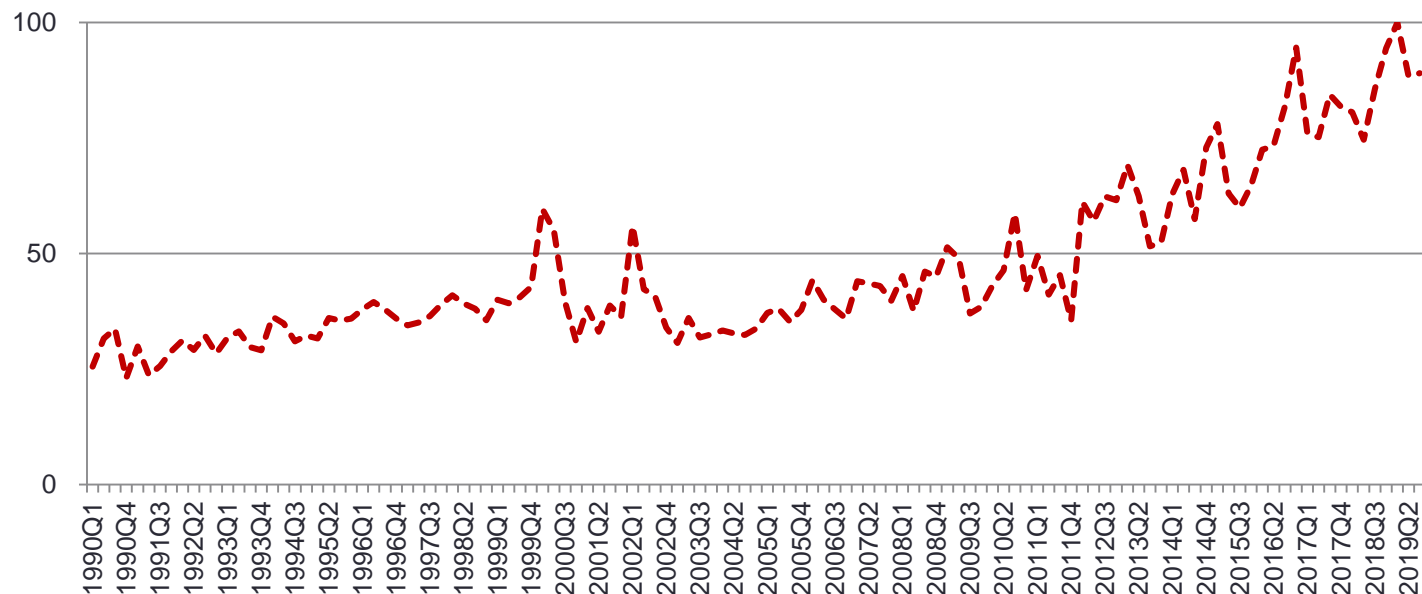


# 台灣能源安全指標編製結果

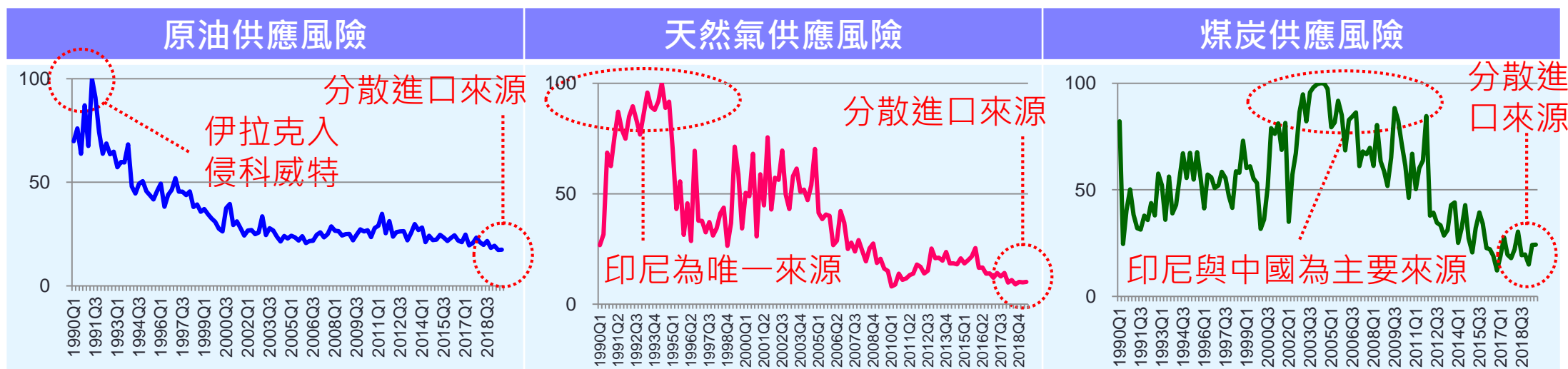
---

1. 初級能源供應安全指標
  2. 基礎設施安全指標
  3. 能源消費安全指標
- 總能源安全指標

# 1. 初級能源供應安全指標



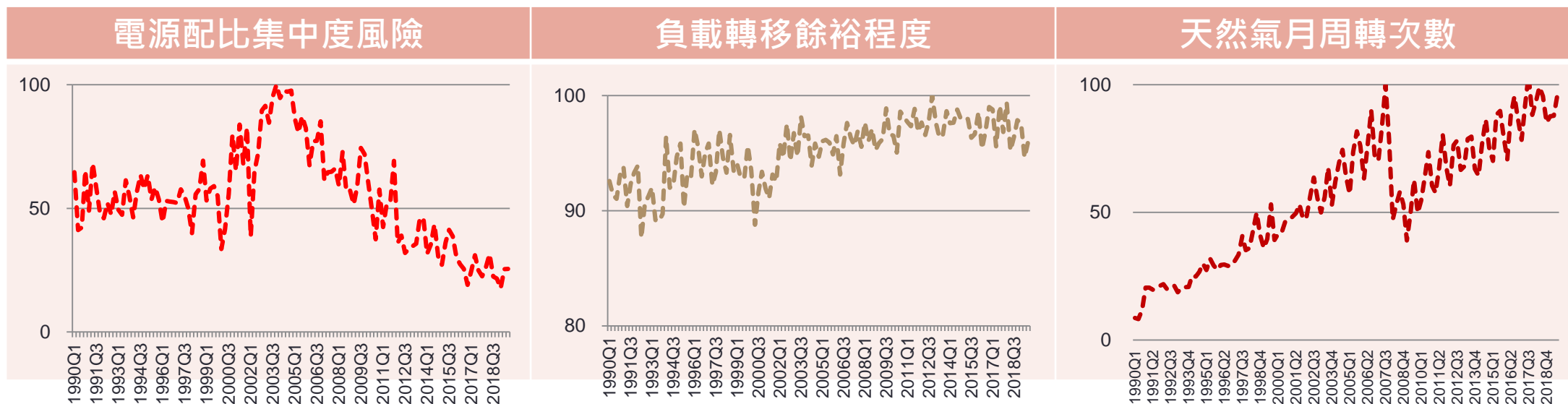
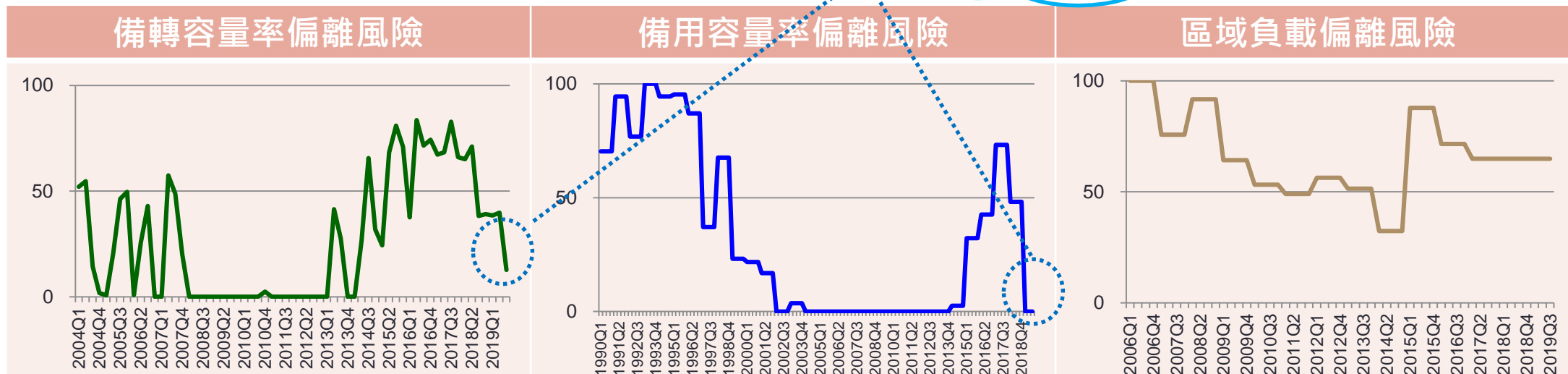
- 108年第三季 ( 89 ) 相較108年第二季 ( 88.5 ) 增加0.5點
- 108年第三季相較107年第三季 ( 85.6 ) 增加3.4點
- **主要原因：進口來源分散與較低的來源國政治風險**



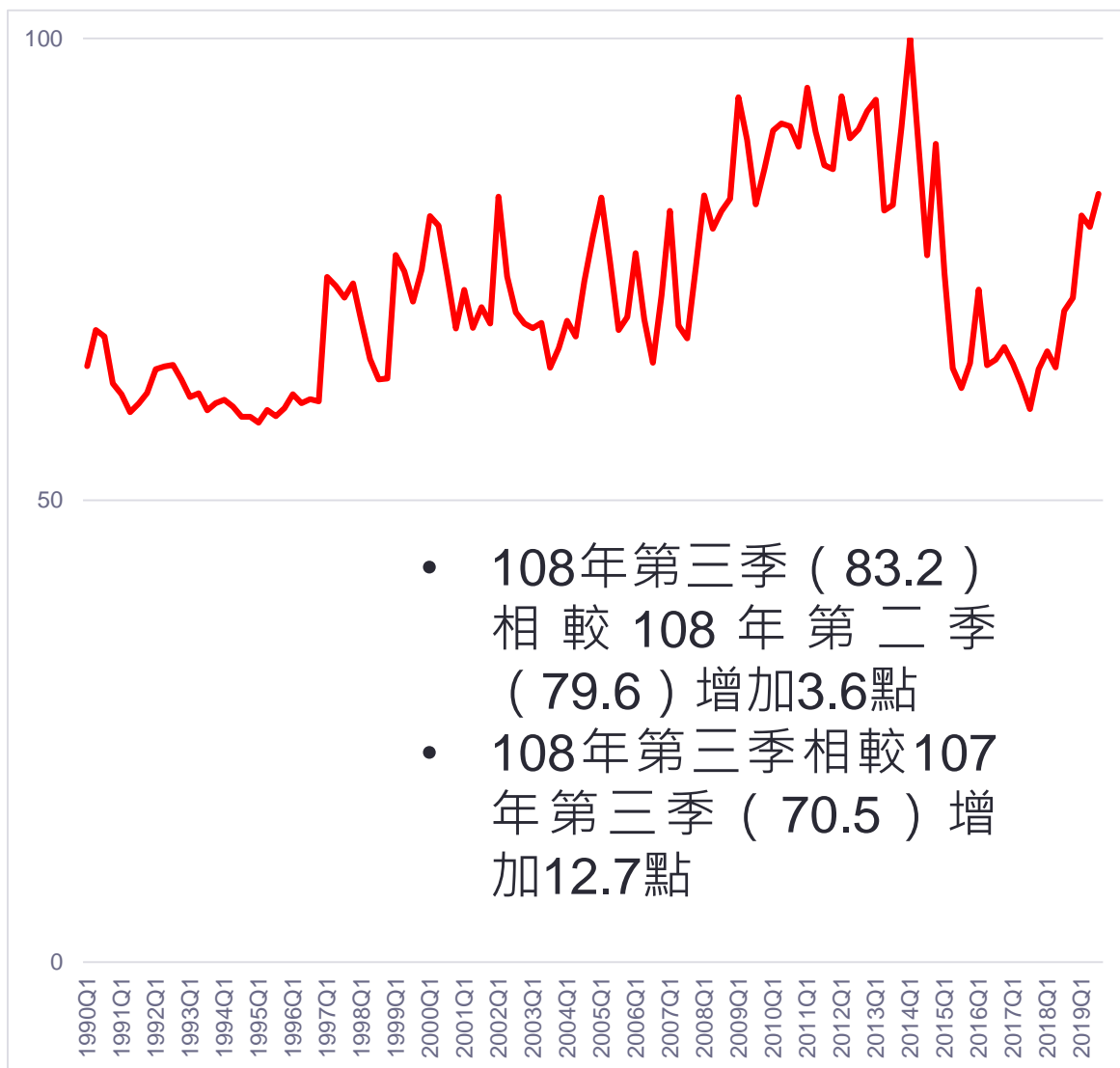


# 2. 基礎設施安全指標

風險降低、安全度提高



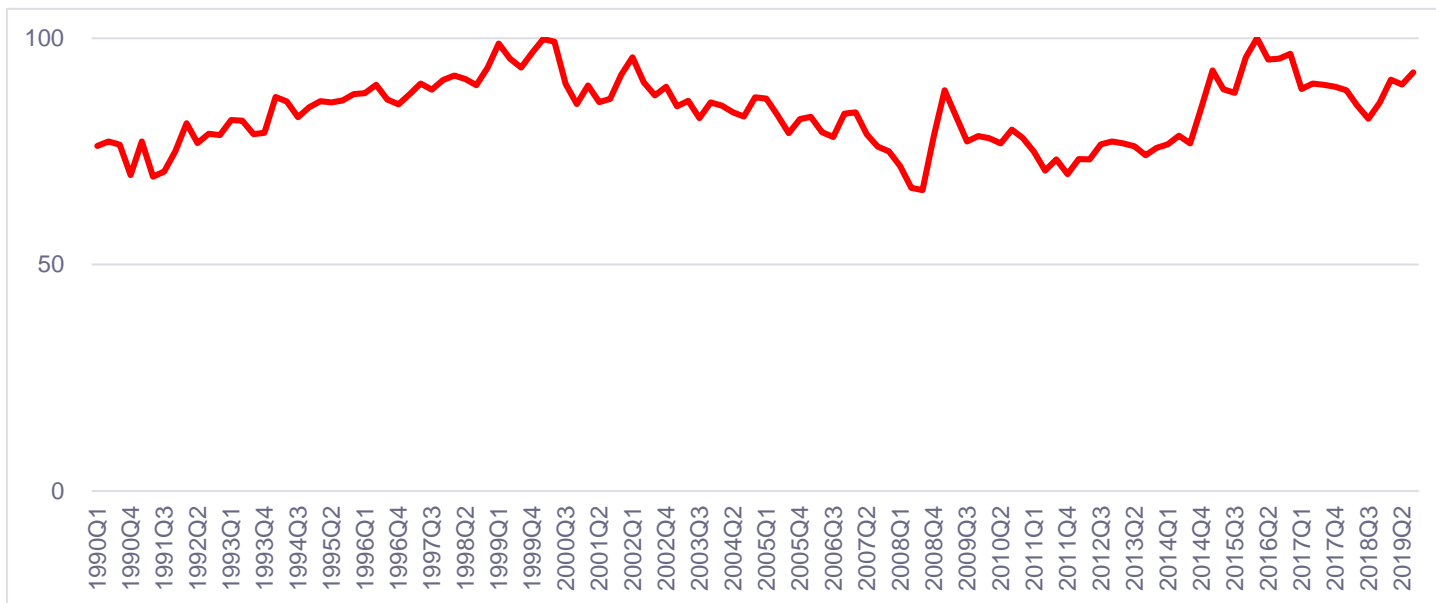
## 2. 基礎設施安全指標



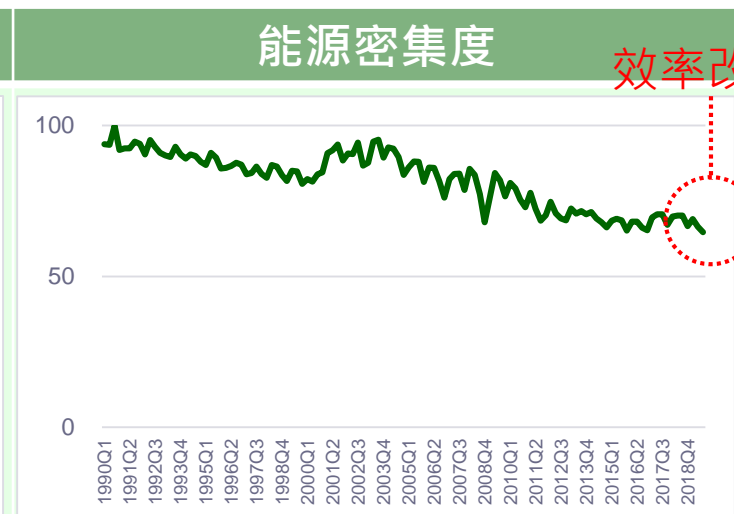
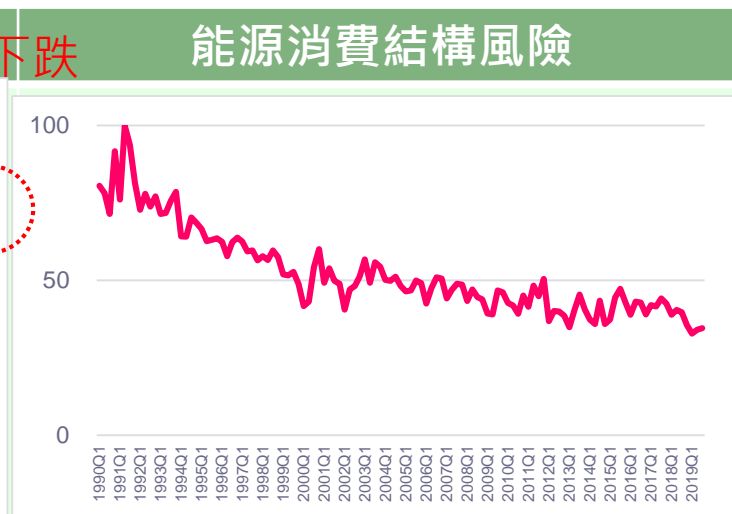
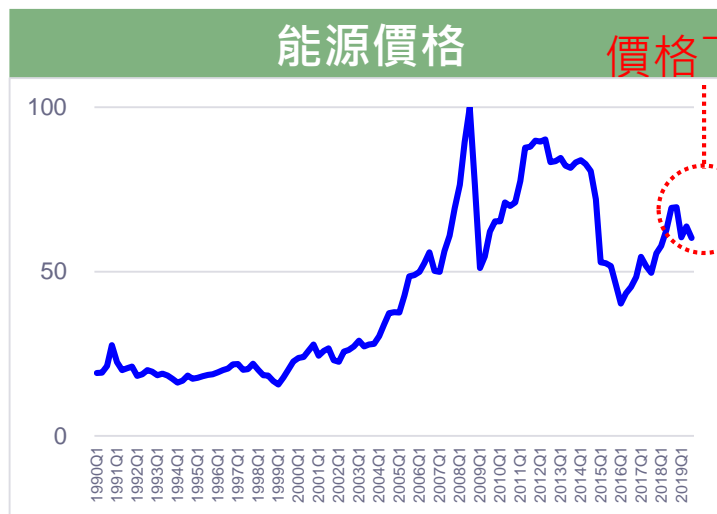
• 主要原因為：

- 林口、大林等燃煤機組於108年6月份商轉
- 通霄燃氣電廠二號機併聯發電
- 太陽光電和風力發電 ( 離岸風力 ) 設置量增加，惟對備用容量率影響仍有限。截至108年10月，**新增太陽光電及風力發電系統對備用容量率影響約分別為0.64%、0.02%**
- 由於今年夏季氣溫相對上年為低、空調用電較少，以及電力密集度降低，亦有助改善備轉容量率

# 3. 能源消費安全指標

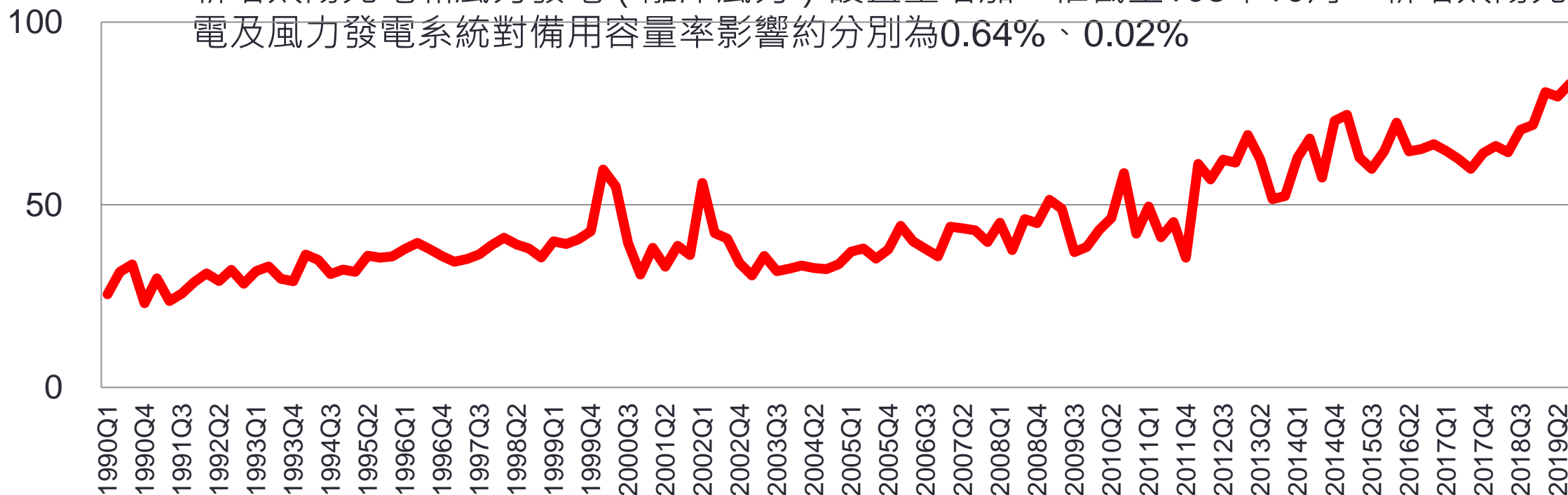


- 108年第三季（92.4）相較108年第二季（89.7）增加2.7點
- 108年第三季相較107年第三季（82.2）增加7.5點，主因為能源價格下跌與能源密集度低。而能源密集度降低與夏季氣溫較低影響電力消費量有關



# 總能源安全指標

- 我國能源安全指標於108年第三季（83.2）相較108年第二季（79.6）增加3.6點；108年第三季相較107年第三季（70.5）增加12.7點。
- 主要改善原因在於：
  - ✓ 增加自低風險國家（如澳洲、美國）進口能源
  - ✓ 能源價格下跌與能源密集度降低
  - ✓ 燃煤及燃氣機組併聯發電，提高備用容量和備轉容量
  - ✓ 新增太陽光電和風力發電（離岸風力）設置量增加，惟截至108年10月，新增太陽光電及風力發電系統對備用容量率影響約分別為0.64%、0.02%



# 未來風險仍在

主要在基礎設施安全方面：

1. 若核二廠二部機組未能在去年重啟，108年實際備轉容量率將由6%至10%降為1%至5%。
2. 根據「能源轉型政策」，核一廠停機而核二及核三在110-114年間將全部除役，未來6年共將減少近11%的備轉容量率。而
3. 替代電源的設置仍存在高度不確定性：

經濟部於108年5月20日公布修正後之未來電力供需規劃，淨尖峰供電能力年均成長率由2.38%已調低為2.17%，惟

- 1) 第三接收站(觀塘)因環差延擱，未來還將面臨環保抗爭，將影響大潭八、九號(共220萬瓩)無法如期商轉。
- 2) 天然氣儲槽週轉率偏低，夏天僅7天，實際安全存量更低。
- 3) 台中1號及2號機（共200萬瓩至260萬瓩）尚未通過環評。
- 4) 再生能源設置量實際值低於規劃值，且對備用容量率貢獻相對有限。

# 台灣能源轉型指標與 各國排名比較

---

1. 能源轉型指標構面
2. 能源轉型指標之系統表現內涵
3. 能源轉型指標之能源轉型準備程度內涵
4. 能源轉型指標國際評比
5. 108年各國排名比較

# 能源轉型指標構面

- 世界經濟論壇(WEF)所編製之能源轉型指標並未包含台灣。
- 為瞭解我國和世界主要國家於能源轉型進程中之相對表現，於各項指標中加入台灣資料，進一步衡量我國能源轉型發展概況。
- 能源轉型指標由兩大構面組成，分別為系統表現及能源轉型準備程度，其下再劃分子指標和細指標。
- 透過標準化方式及各指標權重予以加權計算，得出總分後再進行排序。



# 能源轉型指標之系統表現內涵

正向數值，表示數值越高越好 / 負向數值，表示數值越低越好

分數越高代表一國的民眾取得能源越容易和其獲取能源的方式越多樣

## 經濟發展與成長

住宅電力價格(-)  
工業電力價格(-)  
天然氣批發價格(-)  
能源補貼占GDP比重(-)  
外部成本占GDP比重(-)  
燃料出口占GDP比重(+)  
燃料進口占GDP比重(-)

分數越高代表一國的能源市場越有效率、越有利於經濟成長與發展

## 能源安全與取得

電氣化比率(+)  
潔淨烹飪燃料取得比率(+)  
能源淨進口占能源使用比重(-)  
進口來源國的多樣程度(-)  
初級能源總供給的多樣程度(-)  
電力供給品質(+)

## 環境永續

懸浮微粒濃度 ( PM2.5 ) (-)  
能源密集度(-)  
人均二氧化碳量(-)  
每單位初級能源總供給之二氧化碳量(-)

分數越高表示對環境越友善



# 能源轉型指標之能源轉型準備程度內涵

- 由於各項指標之單位不同，故進行加總時需做**標準化處理**
- 加總時所用權重大抵為均等權重

## 資本與投資

投資自由指數之分數(+)  
信貸可及程度(+)  
對能源效率之投資(+)  
再生能源裝置容量建設(+)

## 新的商業環境 基礎設施和創

物流表現指標(+)  
交通基礎設施的品質(+)  
技術的可用性(+)  
創新的商業環境(+)

## 機構與治理

法律規則(+)  
透明度(+)  
信用評等(+)

## 管理及政治承諾

NDC承諾(+)  
政策穩定性(+)  
RISE能源效率分數(+)  
RISE再生能源分數(+)  
RISE能源取得分數(+)

## 消費者參與 人力資本和

低碳行業的就業機會(+)  
教育品質(+)

## 能源系統結構

人均能源使用量(-)  
再生能源發電占比(+)  
煤炭發電占比(-)  
電力系統靈活度(+)  
占全球石化燃料儲備之比重(-)

# 能源轉型指標國際評比

- 能源轉型指標中，**108年台灣在116個國家中排名第55位**。然而，環境永續面則為第92位，**主因係人均二氧化碳量及每單位初級能源總供給之二氧化碳量退步**

台灣	系統表現				能源轉型準備程度							總排名
	經濟發展與成長	環境永續	能源安全與取得	分類排名	資本與投資	環境 基礎設施和創新的商業	機構與治理	管理及政治承諾	人力資本和消費者參與	能源系統結構	分類排名	
107	58	91	58	65	64	19	28	68	56	97	56	61
108	50	92	48	63	64	16	21	-	56	98	52	55

註：108年管理及政治承諾構面因其所包含的次指標台灣無法取得數值，該項目權重攤提至其他五個構面。

# 108年各國排名比較

- 與亞鄰國家相較，排名落後新加坡、日本、韓國，優於中國大陸

	總指標		系統表現		能源轉型準備程度	
	分數	名次	分數	名次	分數	名次
瑞典	74.9	1	81.2	2	68.6	5
英國	70.2	7	74.3	8	66.1	7
法國	68.6	8	76.8	4	60.4	17
新加坡	66.7	13	68.3	27	65.2	9
德國	64.9	17	65.6	46	64.2	11
日本	64.9	18	66.8	36	62.9	14
美國	62.8	27	66.3	42	59.3	19
澳洲	59.1	43	64.2	53	54.0	34
韓國	57.5	48	60.3	64	54.6	31
台灣	55.8	55	61.1	63	50.6	52
卡達	53.9	65	55.9	73	51.8	44
印度	51.2	76	53.4	86	49.1	61
俄羅斯	50.3	79	61.4	61	39.2	104
中國大陸	49.6	82	47.8	97	51.4	45
沙烏地阿拉伯	46.2	98	51.2	89	41.2	100
115國平均	55.3		60.1		50.4	

# 結論與建議

---

# 結語

本團隊參考世界能源大會(WEC) 架構，建構綜合評估初級能源供應、能源消費與基礎設施之能源安全指標，另依循世界經濟論壇(WEF)方法學，建置能源轉型評比指標並且發現：

1. 我國能源安全指標於108年第三季 ( 83.2 ) 相較108年第二季 ( 79.6 ) 增加3.6點；108年第三季相較107年第三季 ( 70.5 ) 增加12.7點。
  - 1) 進口來源分散與較低的來源國政治風險，初級能源供應安全持續改善。
  - 2) 能源價格下跌與能源密集度降低，增進國內能源消費安全。
  - 3) 燃煤及燃氣機組併聯發電，提高備用容量和備轉容量，有助改善基礎設施安全。
  - 4) 太陽光電和風力發電設置量雖增加，惟截至108年10月，新增太陽光電及風力發電系統對備用容量率影響仍不大，分別為0.64%、0.02%，且實際執行和規劃值仍有落差。
  - 5) 未來需大量新增燃氣機組，但第三天然氣接收站恐無法如期完成，將顯著影響基礎設施安全，同時核二廠將於110年後開始除役，缺電風險仍大。
2. 新編之能源轉型國際評比指標而言，108年我國在116個國家中排名第55位，位居中間。然而，環境永續系統表現的排名則為第92位，落後多數國家。
3. 政府宜維持多元化之低碳電力結構，並確保電力供應穩定。

簡報完畢  
敬請指教

# 附件：台灣能源經濟情勢

---

1. 基礎設施面
2. 能源供應面
3. 能源消費面

# 1.1. 基礎設施面：電源開發規劃

- 核能及燃油機組陸續除役，新增燃煤、燃氣等機組，並積極發展再生能源，114年目標為燃氣、再生能源、燃煤發電占比分別達50%、20%、30%。
- 未來新增機組以燃氣與再生能源為主**

除役  
新增



資料來源：經濟部能源局《107年全國電力資源供需報告》。

圖 107年至114年我國電源開發規劃（含再生能源）

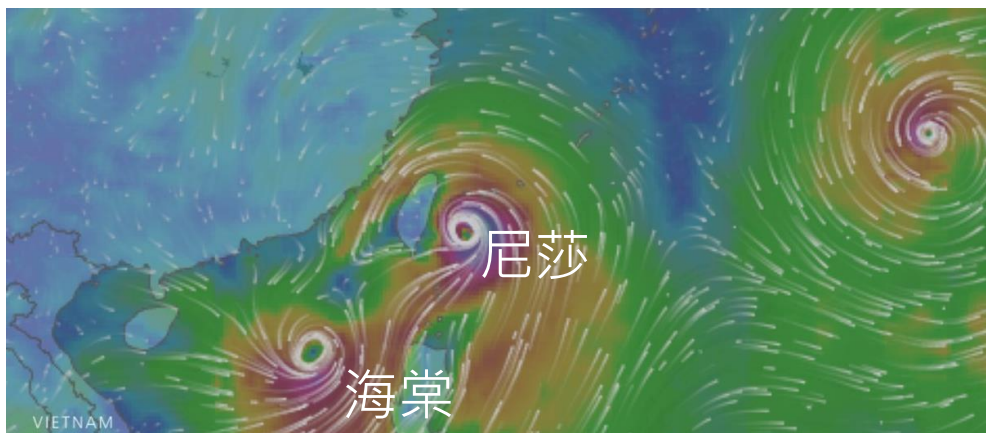


## 1.2. 基礎設施面：天然氣營運壓力偏高

和其他亞洲國家相比，我國LNG之安全存量不足。

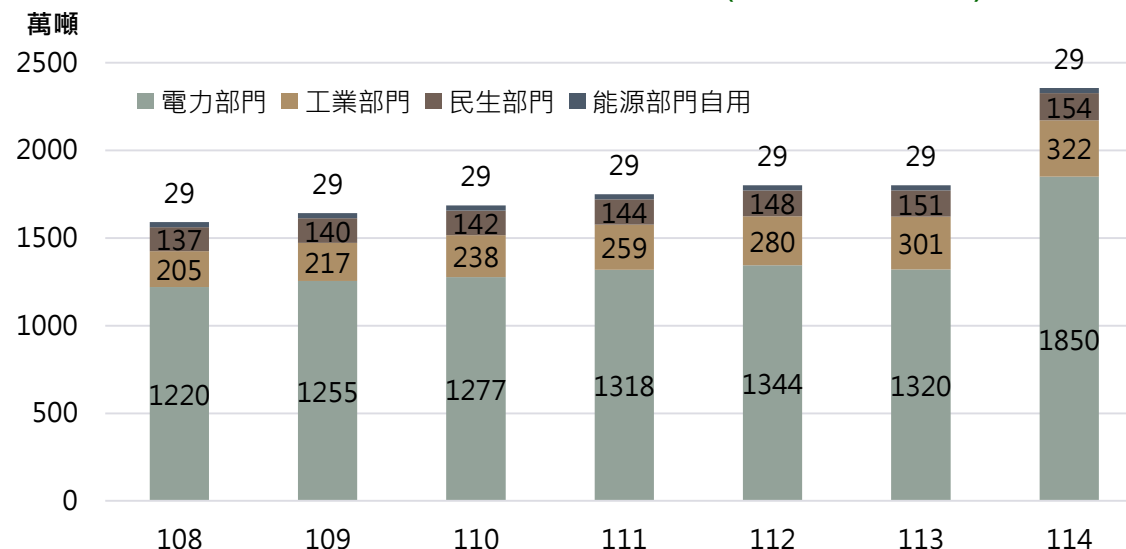
- 政府目標114年儲槽容量達20天、安全存量達11天，仍遠低於國際標準，如韓國（53天）、中國大陸（51天）及日本（36天）。進口來源若中斷（如颱風），可撐天數偏低。
- 未來天然氣消費量將由108年之1,591萬噸增加至2,354萬噸，需有足夠之天然氣接收站方能滿足國內需要。

台灣夏季為颱風多發季節



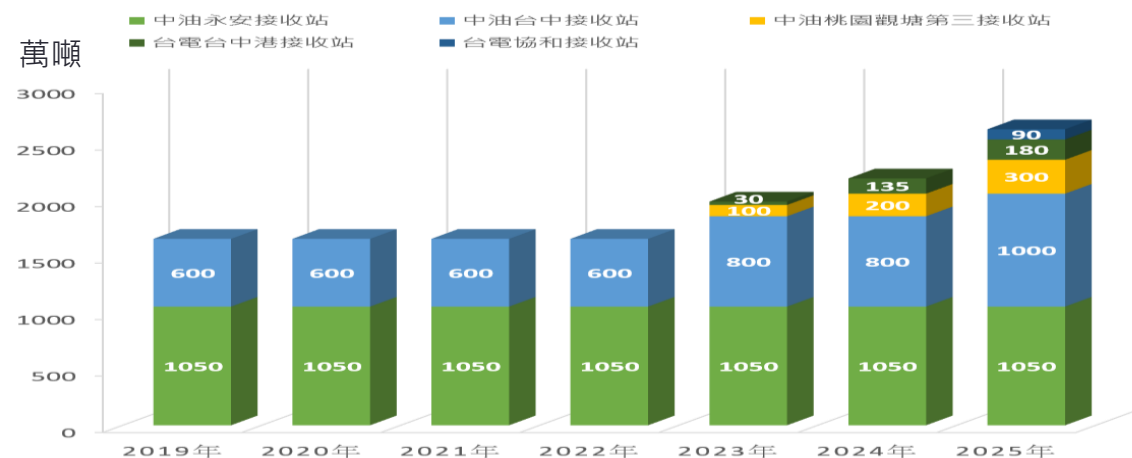
資料來源：Windy (106/7/29)

我國天然氣消費量預估(民國108-114)



資料來源：經濟部能源局 (2017)。

天然氣接收站建置及天然氣供應能力(民國108-114)



資料來源：經濟部能源局 (2019)。

# 1.3. 基礎設施面：再生能源發展未如預期

- 近年來我國持續大力發展太陽光電和風力發電等再生能源系統。然而，太陽光電和風力發電之**實際值和目標值仍有落差**：
  - 太陽光電106年之實際執行率僅達目標之73%，風力發電更僅有26%，107年也未達標；108年截至10月底，實際執行率約為75%(太陽光電)、83%(風力發電)。
- 太陽光電僅能在日間發電，傍晚仍需由其他機組供電，如何因應鴨子曲線與雙尖峰負載形態為重要課題。

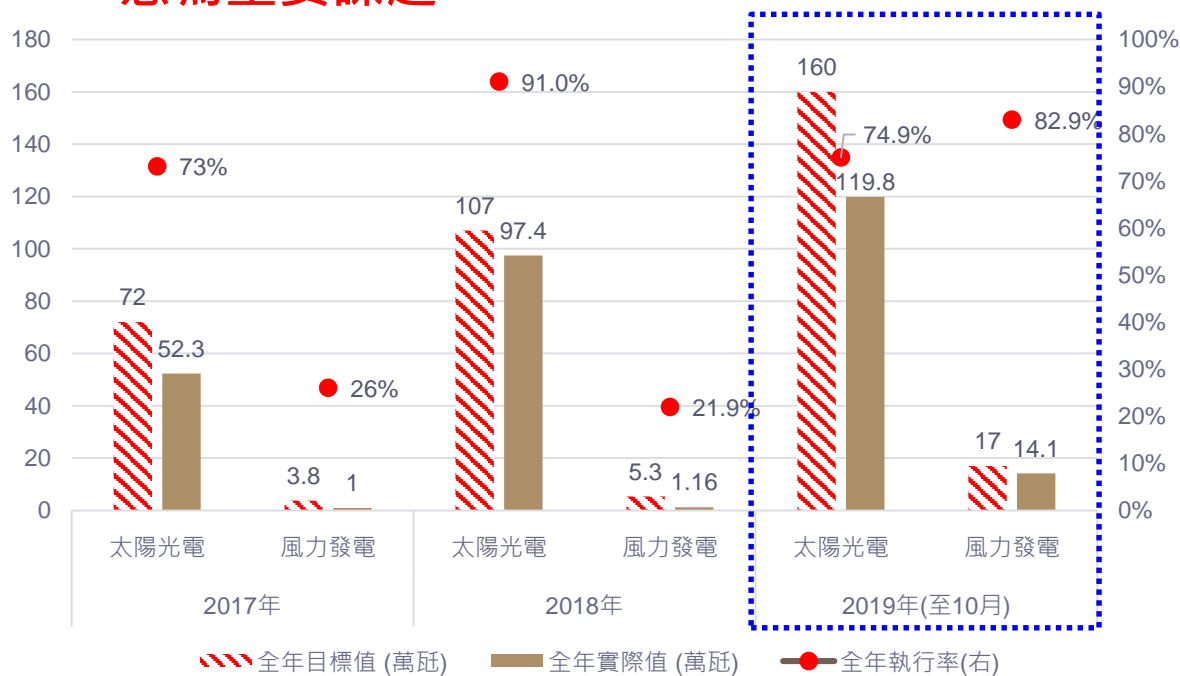


圖 近三年再生能源規劃值與實際值比較

資料來源：經濟部能源局《能源統計月報》。

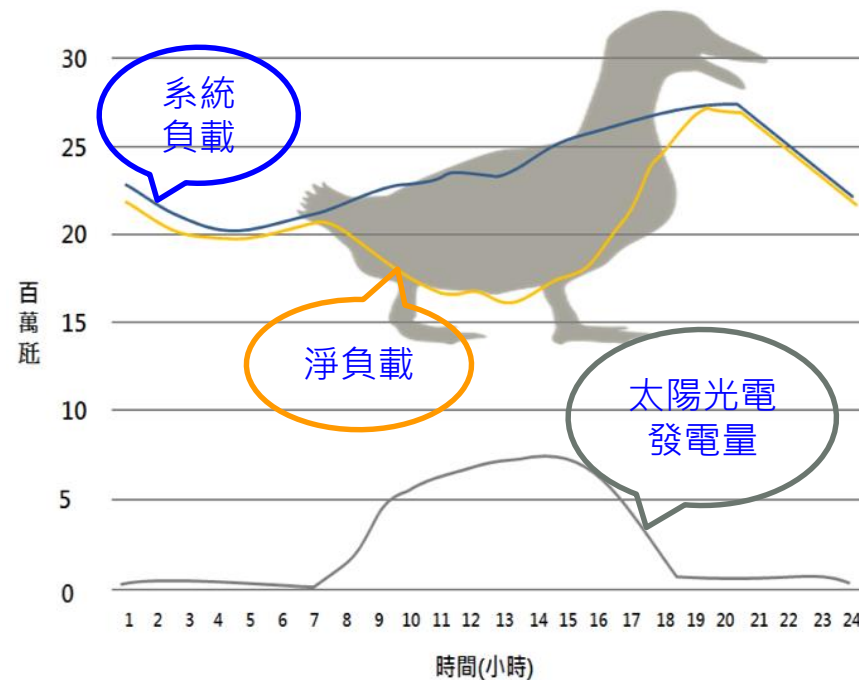


圖 2016年美國加州(秋)之用電曲線

資料來源：綠學院。

# 1.4. 基礎設施面：核能發電對備轉容量率具重要影響

- 核能電廠由於出力穩定，尖峰時刻可滿載發電，對淨尖峰供電具重要貢獻
- 以核二電廠二部機組為例，對備轉容量率影響超過5%，若無核能機組恐導致國內備轉容量率常態性低於6%

核能電廠執照期限和對備轉容量率影響

廠別	機組	運轉執照期限	影響備轉容量率
核一廠	一號機	107年12月5日	1.73%
	二號機	108年7月15日	1.73%
核二廠	一號機	110年12月27日	2.72%
	二號機	112年3月14日	2.75%
核三廠	一號機	113年7月26日	2.65%
	二號機	114年5月17日	2.64%

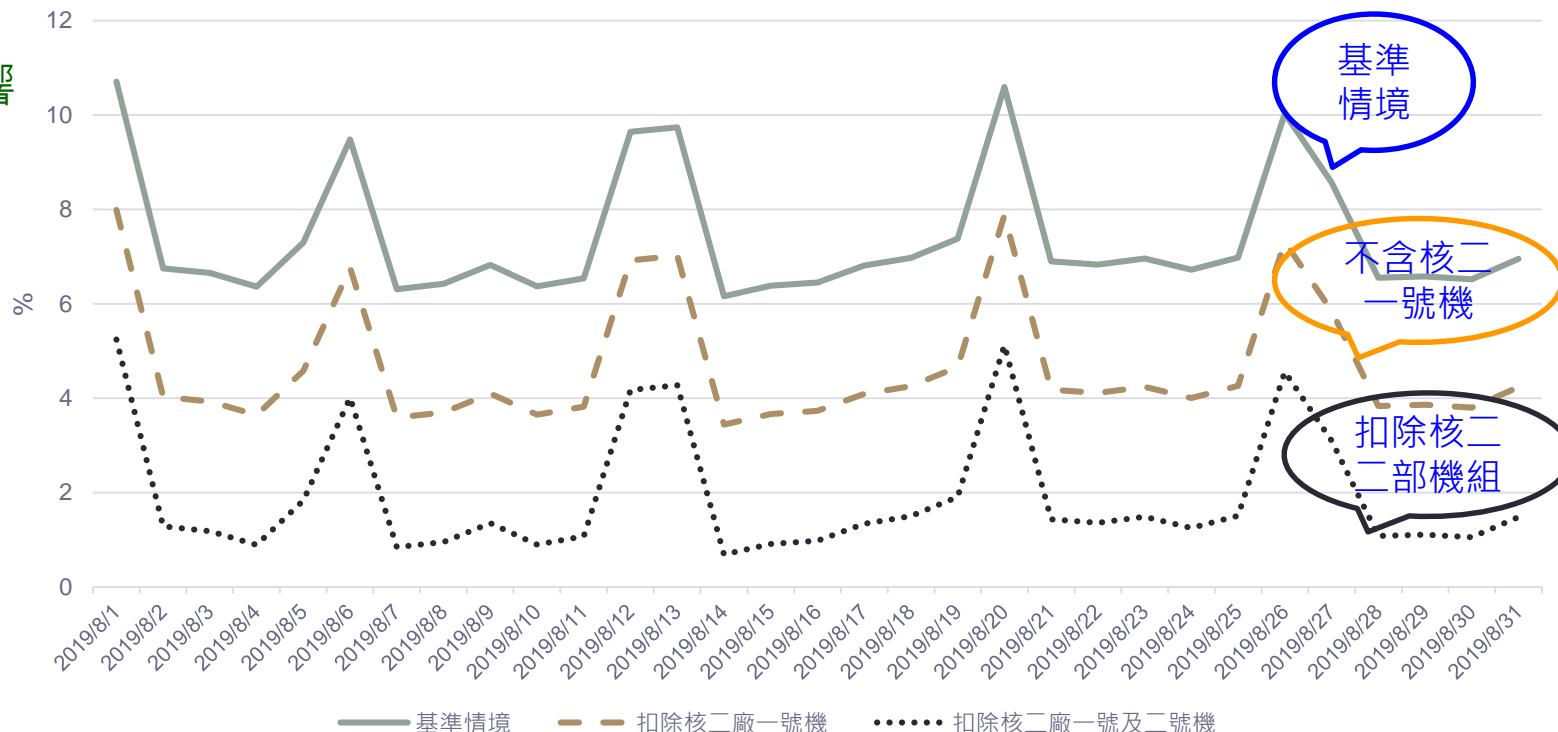


圖 扣除核二廠二部機組對備轉容量率影響

註：基準情境以108年8月份之備轉容量率為假設基礎

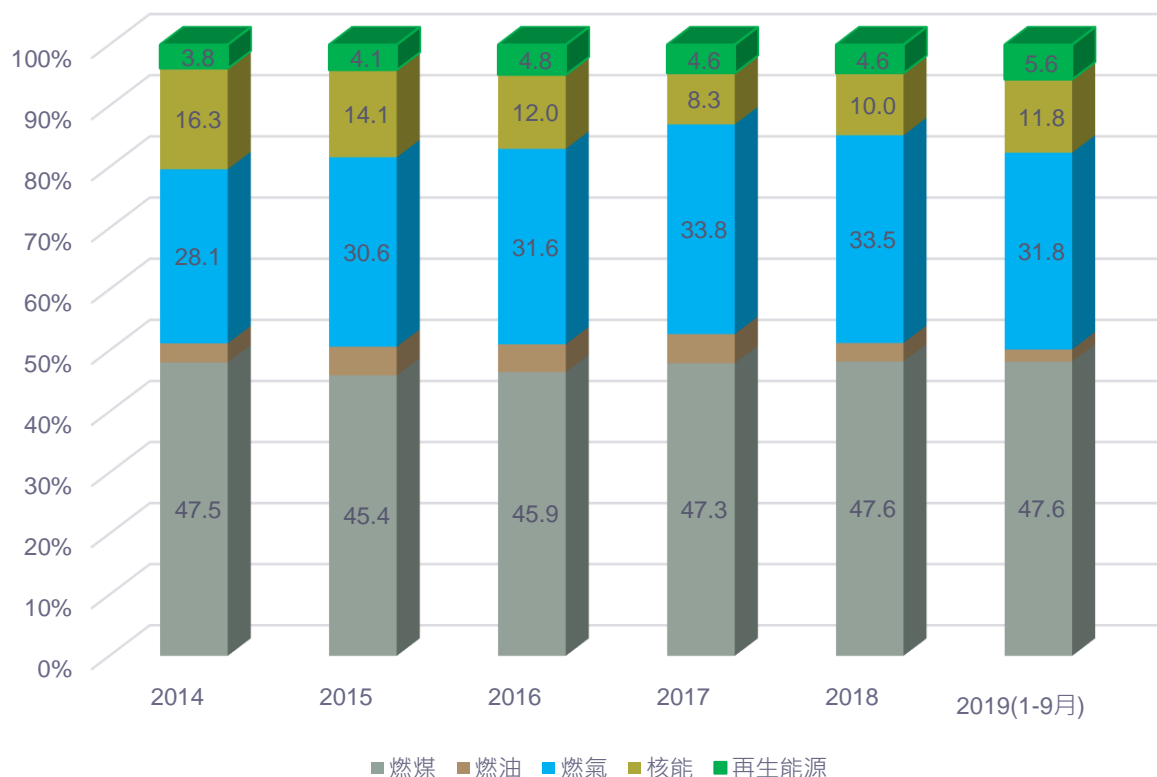
資料來源：台灣電力公司。

資料來源：行政院原子能委員會；台灣電力股份有限公司  
106年度營業預算評估報告。

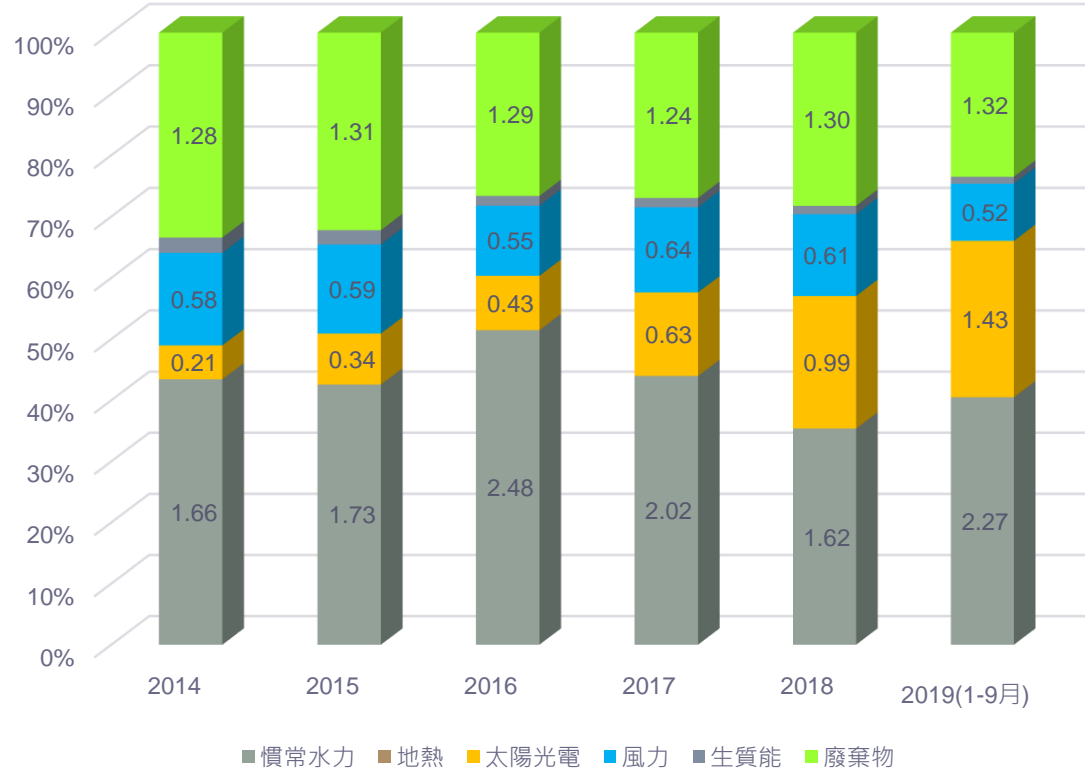
# 1.5. 基礎設施面：火力發電居高不下

- 燃煤發電居高不下，再生能源發電占比僅微幅成長，電力系統仍以火力發電為主
- 再生能源發電仍以水力占比為高，且108年1-9月份太陽光電及風力發電總量為40億度，相較107年1-9月份(30億度)成長約34%，低於裝置容量成長速度(49%)

### 全國電力系統發電結構變化

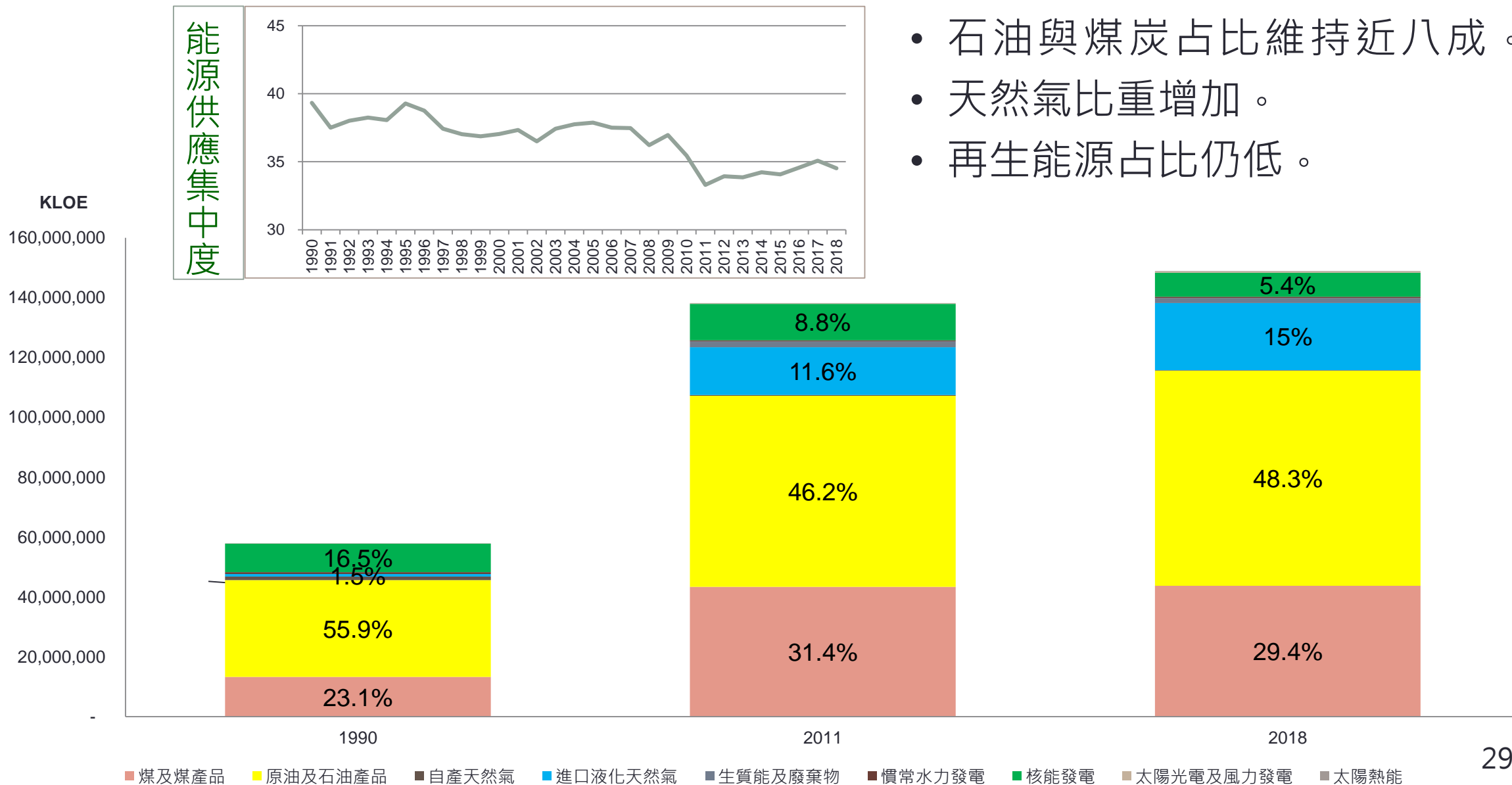


### 再生能源發電系統結構變化



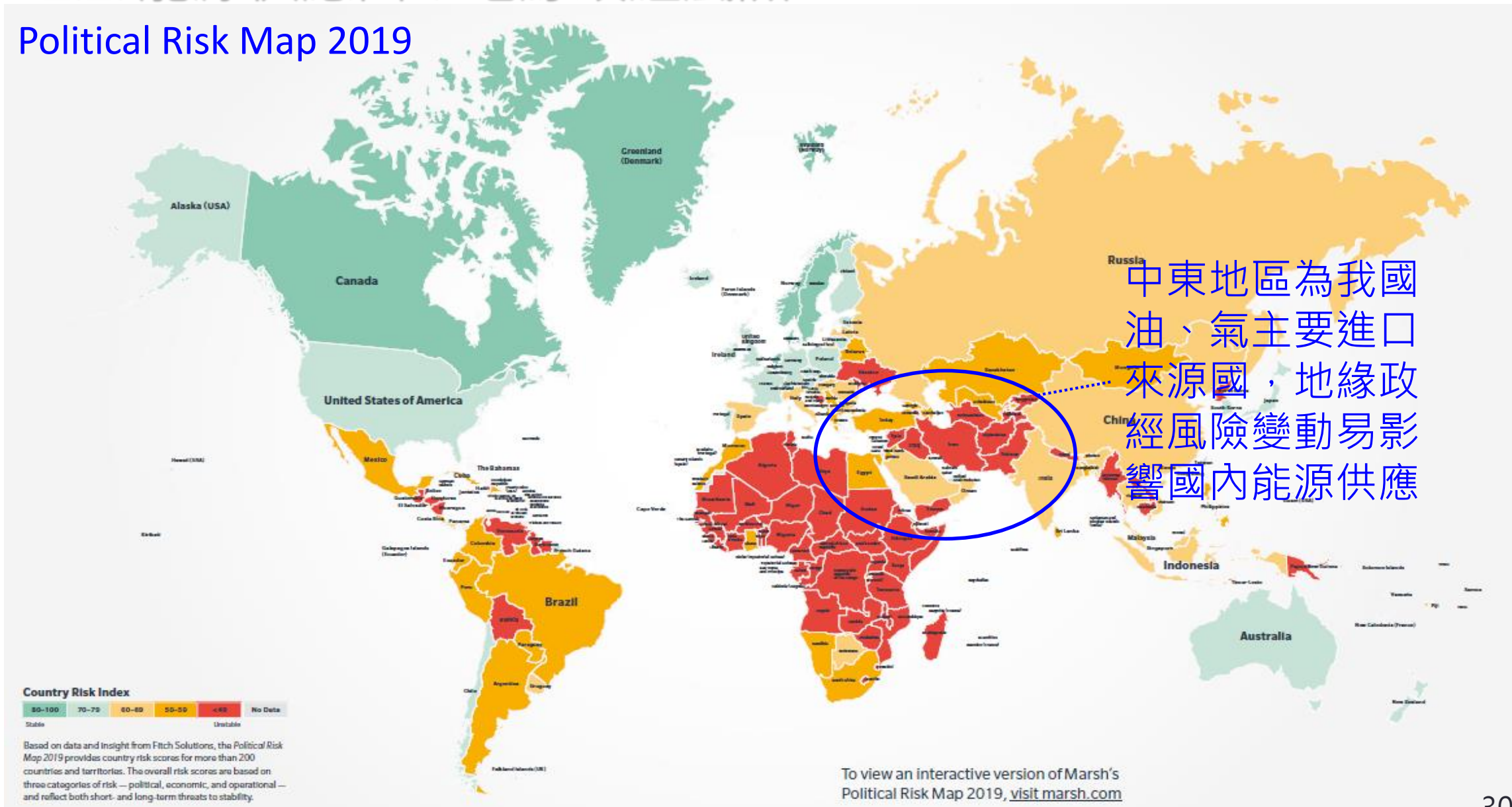
資料來源：經濟部能源局《能源統計月報》。

## 2.1 能源供應面：初級能源供應結構

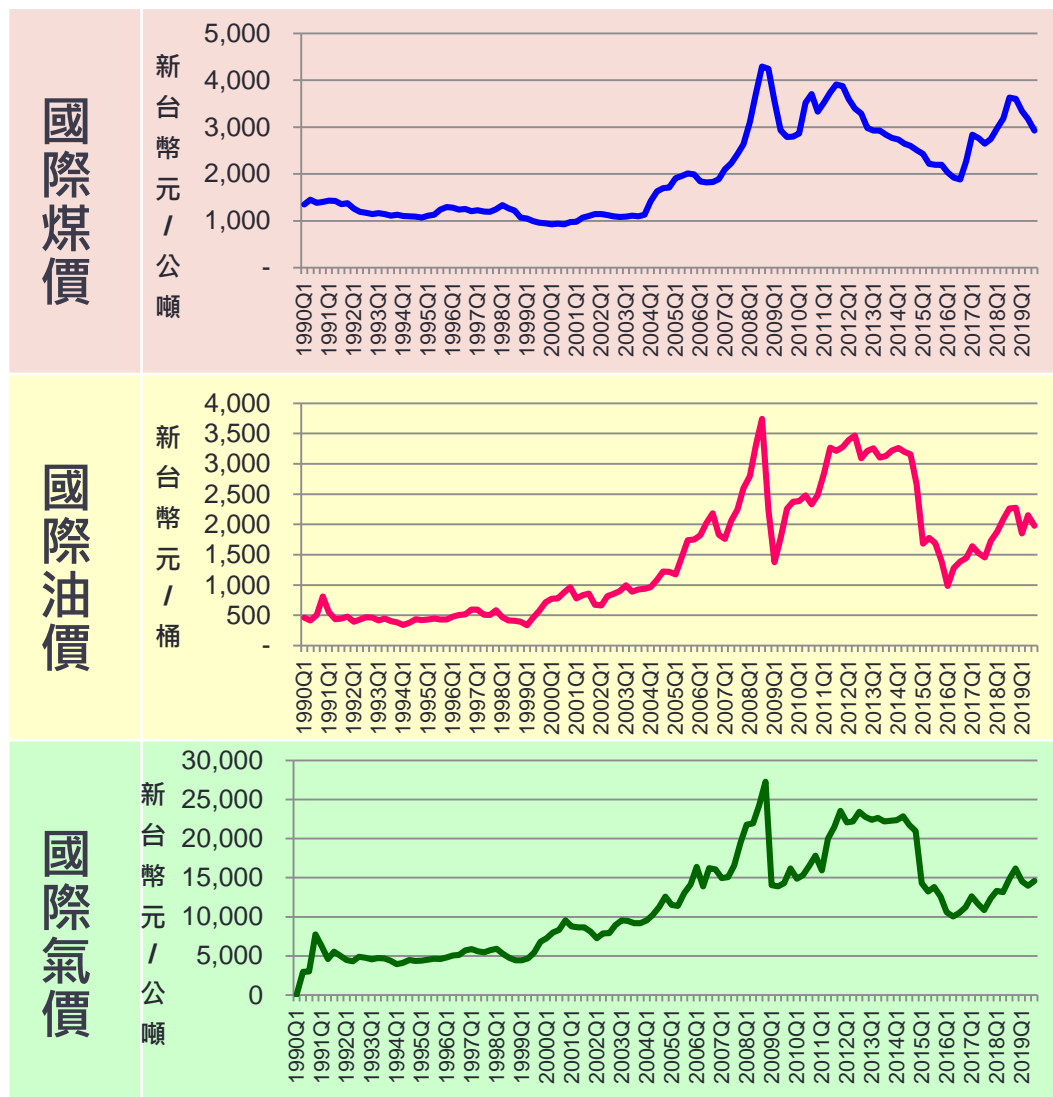


## 2.2. 能源供應面：地緣政經風險

### Political Risk Map 2019



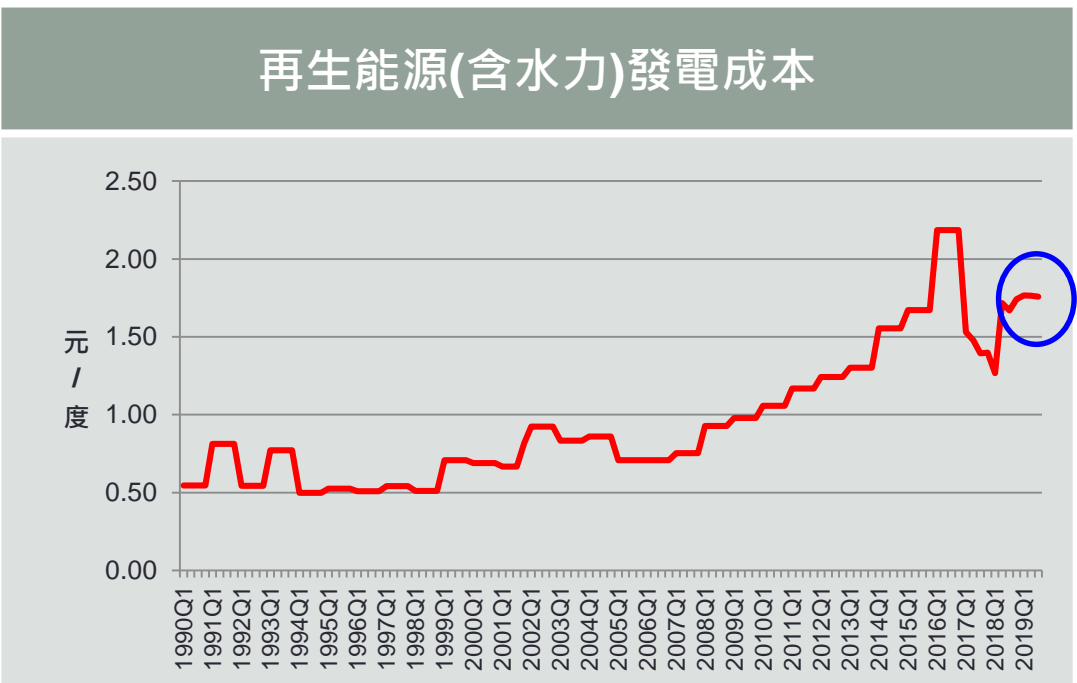
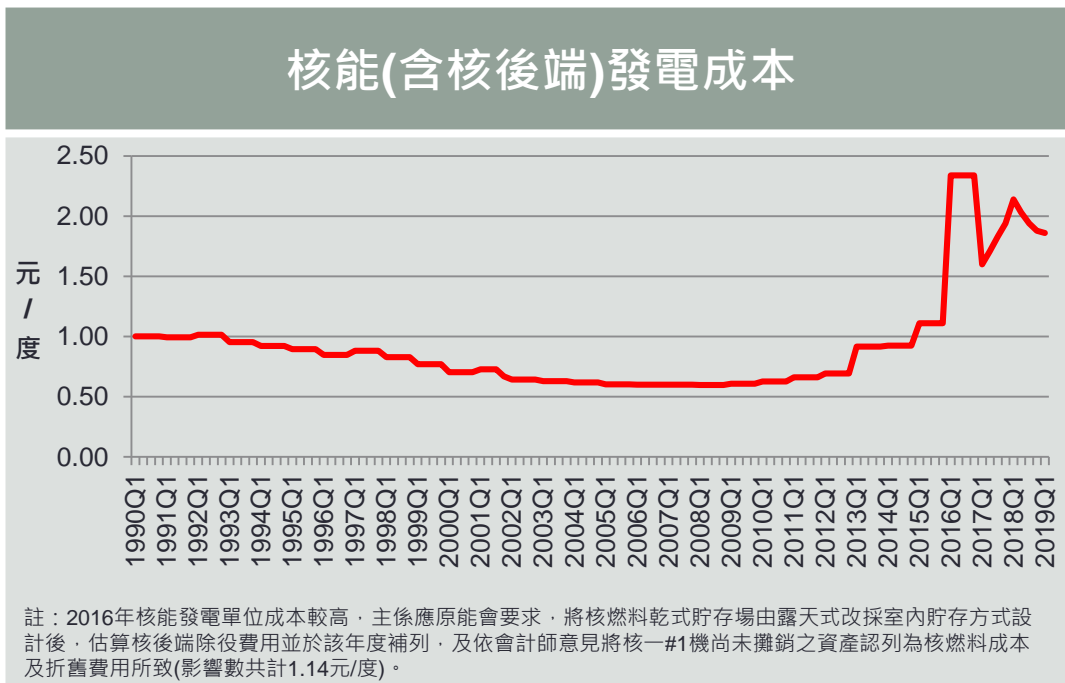
### 3.1. 能源消費面：國際能源價格波動



- 我國進口能源占比達98%，深受國際能源價格波動之影響。
  - 全球“廢煤”風潮，抑制煤炭需求，影響煤炭價格
  - 中美貿易戰和保護主義興起，恐減緩未來經濟成長
  - 國際能源價格易受中東地緣政治因素與爭端而產生波動
  - 近期能源價格相較去年為低
- 能源價格波動和變化，易對國內產業和民生的營運活動造成影響

## 3.2. 能源消費面：國內零碳發電成本走高

- 早前國內再生能源僅水力發電，發電成本低，惟隨著太陽光電與風電增加，**再生能源整體發電成本逐漸走高**。
- 在核電廠正常運轉下，整體發電總量提高，使發電成本降低。



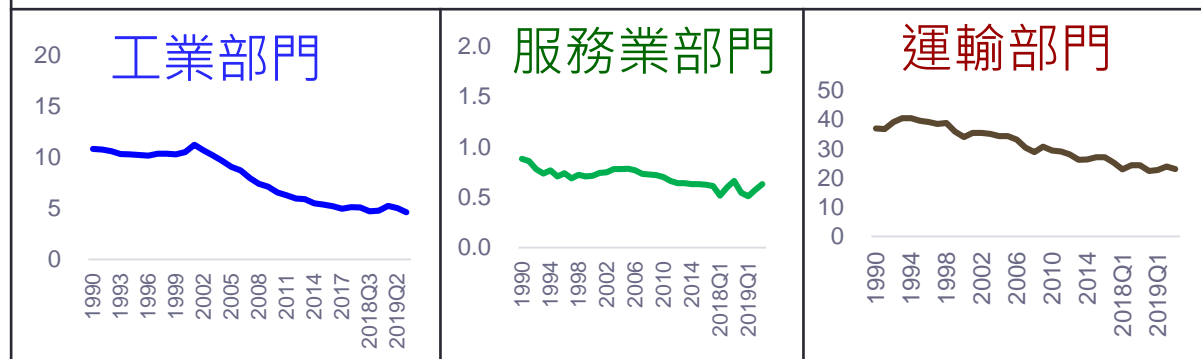
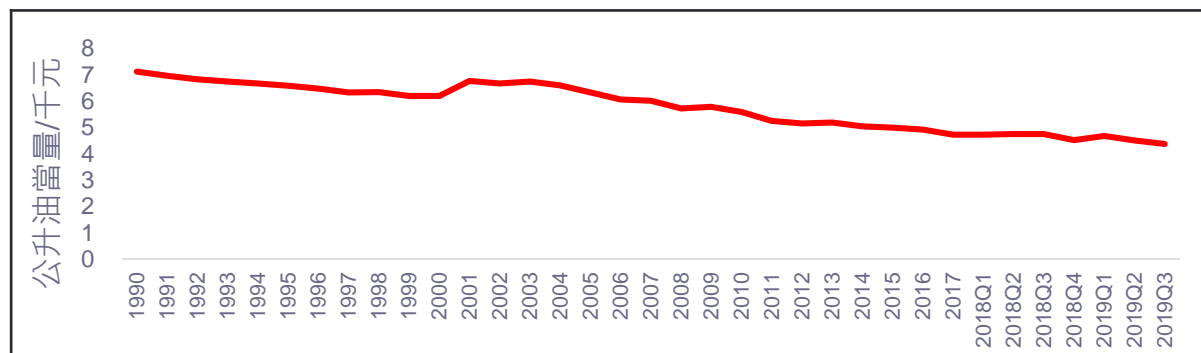


### 3.3. 能源消費面：能源效率改善 & 消費結構分散化

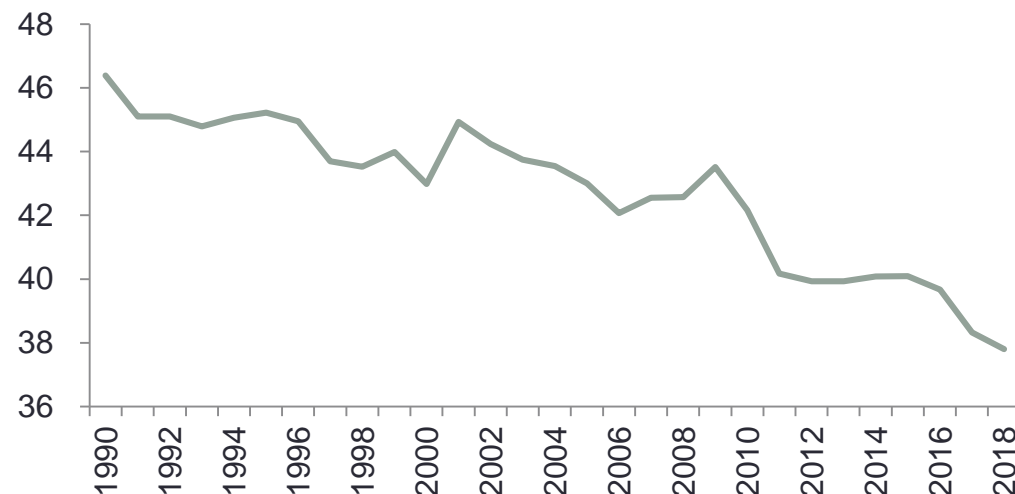
用戶因應能源價格波動的能力提高

- 能源消費結構走向分散化。
- 能源效率持續改善，惟近期電力密集度變動性較高。

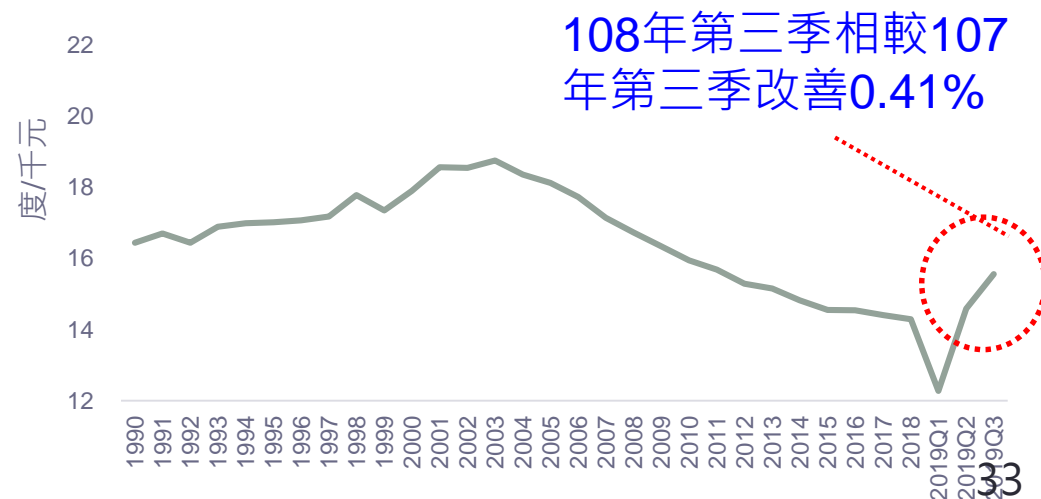
我國能源密集度歷年趨勢



我國能源消費結構集中度



我國電力密集度歷年趨勢



# 附錄：編製說明

---

附錄1. 台灣能源安全指標項目

附錄2. 台灣能源安全指標說明

2.1. 初級能源供應安全指標

2.2. 基礎設施安全指標

2.3. 能源消費安全指標

附錄3. 能源轉型指標說明

3.1. 經濟成長與發展

3.2. 環境永續

3.3. 能源取得與安全

3.4. 資本與投資

3.5. 基礎設施和創新的商業環境

3.6. 機構與治理

3.7. 管理及政治承諾

3.8. 人力資本和消費者參與

3.9. 能源系統結構

附錄4. 能源轉型細指標編製結果

4.1. 系統表現細指標評比

4.2. 能源轉型準備程度細指標評比

# 附錄1.台灣能源安全指標項目

## • 初級能源供應安全指標

- 天然氣供應風險( $PEV_{NG}$ )
- 煤供應風險( $PEV_C$ )
- 石油供應風險( $PEV_O$ )
- 鈾供應風險( $PEV_U$ )
  - 100%進口自美國，且美國進口風險為零
- 再生能源供應風險( $PEV_R$ )
  - 屬於自產能源，自產能源無進口風險

## • 基礎設施安全指標

- 天然氣月周轉次數
  - 天然氣供應中斷時可撐天數縮短的風險
- 備用容量率偏離風險
- 備轉容量率偏離風險
- 區域負載偏離風險
- 負載率(平均負載/尖峰負載)
  - 捕捉負載轉移餘裕空間減少的風險
- 與他國電網連接偏離風險
  - 目前無連結他國電網，屬於最高風險
- 電源配比集中度風險

## • 能源消費安全指標

- 能源消費結構風險( $EEV_C$ )
- 能源效率(能源密集度)
- 能源價格
  - 國際煤價
  - 國際油價
  - 國際天然氣價
- 再生能源發電成本(含水力發電成本)
- 核能發電成本(含核後端處理成本)

# 附錄2.1. 指標說明：初級能源安全指標

## i類能源供應風險(PEVi)

指標意涵	指標公式
將「i類能源來源國的政治風險」以「i類能源自j國進口量占本國i類能源供應占比」為權數計算的加權平均值；風險值越高，i類能源供應風險越高。	$PEV_i = x_i^T \cdot R \cdot x_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j$ <ol style="list-style-type: none"> <li><math>x_i = (x_{id}, x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{iJ})</math>表示一國能源進口占比之矩陣；其中<math>x_{ij}</math>表示自j國進口i類能源占本國i類能源總供應占比；<math>x_{id}</math>代表i類能源於國內自產之比率。</li> <li><math>R</math>為能源出口國政經穩定度的風險矩陣；<math>r_j</math>即能源由來源地j供應之風險指標，而<math>r_d</math>為自產能源之供應風險，原則上以0計算。</li> </ol>

## 總初級能源安全指標(PEV)

指標意涵	指標公式
將「i類能源供應脆弱度(PEV <sub>i</sub> )」以「i類能源供應量占該國總能源供應占比」為權數計算的加權平均值；風險值越高，一國能源供應風險越高。	$PEV = w^T \cdot X^T \cdot R \cdot X = w^T \cdot \Pi$ <ol style="list-style-type: none"> <li><math>w^T = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_I)</math>表示一國各類能源供應占比之矩陣，故<math>w_1 + \dots + w_I = 1</math>。</li> <li><math>\Pi = X^T \cdot R \cdot X</math>為各類能源供應脆弱度矩陣；本矩陣的對角線<math>\pi_{ii}</math>即為i類能源供應脆弱度(PEV<sub>i</sub>)，故<math>\pi_{ii} = PEV_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j \geq 0</math>。</li> </ol>

# 附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(1)

## 備用容量率偏離風險

指標意涵	指標公式
備用容量率衡量電力系統發電端供電可靠度。備用容量率如果低於最適值，則可靠度下降，甚至限電。故若負偏離度愈高，代表系統出現限電的可能性越高。	$\lambda_1 \times \frac{ \text{PRM}_t - \text{ORM} }{\text{ORM}} \times I(\text{PRM}_t > \text{ORM}) + \lambda_2 \times \frac{ \text{PRM}_t - \text{ORM} }{\text{ORM}} \times I(\text{PRM}_t < \text{ORM})$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\text{PRM}_t</math>(Percent Reserve Margin)為備用容量率實績。</li> <li>2. <math>\text{ORM}</math>(Optimal Percent Reserve Margin)為最適備用容量率，設為15%。</li> <li>3. 公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。</li> <li>4. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮電力供應可能不足的風險。</li> </ol>

## 備轉容量率偏離風險

指標意涵	指標公式
備轉容量率衡量每日電力系統的實際供電餘裕(扣除歲修、檢修及故障的機組裝置容量)。備轉容量率如果低於最適值，則可靠度下降。故若負偏離度愈高，代表系統出現限電的可能性越高。	$\lambda_1 \times \frac{ \text{POR}_t - \text{OOR} }{\text{OOR}} \times I(\text{POR}_t > \text{OOR}) + \lambda_2 \times \frac{ \text{POR}_t - \text{OOR} }{\text{OOR}} \times I(\text{POR}_t < \text{OOR})$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\text{POR}_t</math>(Percent Operating Reserve)為備轉容量率實績。</li> <li>2. <math>\text{OOR}</math>(Optimal Percent Operating Reserve)為最適備轉容量率，設為10%。</li> <li>3. 公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。</li> <li>4. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮電力供應可能不足的風險。</li> </ol>

## 附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(2)

### 區域負載偏離風險

指標意涵	指標公式
<p>電網分為北、中、南三區，區域內應維持發電與用電相當為最佳，若區域內發電不足以供應用電需求時，必須透過跨區輸電幹線輸送融通電力支援。故若負偏離度愈高表示各區域內電力供需愈不均衡，區域間電力輸送壓力較高。</p>	$\sum_i \left[ \left( \lambda_1 \times \frac{ S_{it} - D_{it} }{D_{it}} \times I(S_{it} > D_{it}) \right) + \left( \lambda_2 \times \frac{ S_{it} - D_{it} }{D_{it}} \times I(S_{it} < D_{it}) \right) \right]$ <p>1. <math>i = N, M, S</math>                  2. 公式的前項代表供大於需，後者代表需大於供。                  3. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮區域間電力供應可能不足的風險。</p>

### 與他國電網連接偏離風險

指標意涵	指標公式
<p>我國的供電系統孤立，無法藉助鄰國輸電進行供需調節，故若負偏離度愈高表示電力系統自立求生的壓力越大。迄今我國與他國電網並聯度為0，壓力最高，若未來我國電網能與他國連接，將可降低風險。</p>	$\lambda_1 \times \left  \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} - \text{最適連接度} \right  \times I \left( \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} > \text{最適連接度} \right)$ $+ \lambda_2 \times \left  \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} - \text{最適連接度} \right  \times I \left( \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} < \text{最適連接度} \right)$ <p>1. 最適連接度依據歐盟建議設為10%。                  2. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮我國與他國電網連接度低於歐盟建議最適值的風險。</p>

## 附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(3)

### 負載率

指標意涵	指標公式
表示平均負載與最高負載之百分比。一般而言，負載率代表設備利用率，越高越好。但是因為負載率具有極值(100%)，若太過接近極值代表所有機組都處於高運轉狀態，若電力需求突增，將容易導致跳電。另外，和主要國家比較，我國的負載率極高，代表未來再進行負載轉移的空間已所剩無幾，餘裕有限，故以此指標捕捉負載轉移空間餘裕降低的風險。	平均負載 <sub>t</sub> /尖峰負載 <sub>t</sub> 1. 平均負載：特定時間內(日、月、年)，平均每小時之輸出電力。例：全年發電量除以8760小時(一年小時數) 2. 尖峰負載：特定時間內(日、月、年)，每小時輸出電力之最高值。

### 天然氣月周轉次數

指標意涵	指標公式
表示天然氣最大儲存容量每月將用盡幾次。一般而言，周轉次數越高，存貨周轉率越高，從取得至消耗所經歷的天數越少，故也代表存貨管理效率越好。然而，由於液化天然氣載運船若在入港前後遇到颱風，須因安全因素遠離待命。因此，若天然氣進口來源中斷可撐天數小於3天，台灣即有可能因為颱風因素而斷氣。故以此月周轉次數捕捉天然氣進口來源中斷下可撐天數降低的風險。	天然氣當季最大月用量 <sub>t</sub> /天然氣可儲存容量 <sub>t</sub> 1. 天然氣每季最大月用量：當季天然氣月消費量最大值(能源統計月報) 2. 天然氣可儲存容量：全國天然氣接收站設計容量加總

## 附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(4)

### 電源配比集中度風險

指標意涵	指標公式
<p>電源配比集中度風險受一國電源配比和各類發電能源所對應之能源供給風險而定。若一國之電力資源組合集中於某一發電技術，且該發電技術所對應的能源供給風險偏高，將使該國電源配比集中度風險較大，因此需以不同能源組合作為電力配比，藉由多元化和分散化方式來降低可能風險。</p>	<p><math>S_i \times</math> 各類發電能源對應風險<sub><i>i</i></sub></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>S_i</math>：各類能源發電量占總發電量比率</li><li>2. 各類發電能源對應風險<sub><i>i</i></sub>：例如燃煤發電、燃油發電所對應的能源供給風險即分別為燃料煤初級能源供給風險、石油初級能源供給風險。</li></ol>



# 附錄2.3. 指標說明：能源消費安全指標

## 能源價格

指標意涵	指標公式
捕捉能源進口成本、各類再生能源發電成本、核能發電成本(含核後端成本)的變化對於能源用戶使用能源的壓力增減幅度。	$\sum_i S_{i,t} \times P_{i,t}$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>P_i</math>為標準化後的煤、油、氣國際價格、再生能源(含水力)發電成本、核能發電成本(含核後端成本)。</li> <li>2. <math>S_i</math>為依據煤、油、氣與電力占最終能源消費結構比重，以及煤、油、氣、再生能源(含水力)、核能占發電結構比重，所計算的煤、油、氣、再生能源、核能的結構占比</li> </ol>

## 能源密集度

指標意涵	指標公式
表示我國的能源使用效率。數值越低代表能源使用效率越高，當能源使用越有效率時，可提高能源用戶因應能源價格上漲的能力，進而減少能源消費脆弱度。	最終能源消費量 <sub>t</sub> /實質國內生產毛額 <sub>t</sub>

## 能源消費結構風險

指標意涵	指標公式
表示能源用戶消費各類能源的來源風險程度。數值越高表示該國越集中消費特定能源，風險程度越高，若能源消費的品項越分散，則能源消費的來源風險越低。	$EEV = \sum_i S_i \times EEV_i$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>EEV_i = (PEV_i, \text{基礎設施脆弱度})</math>表示一國<i>i</i>類能源消費的來源風險程度，其中，<math>S_i</math>為<i>i</i>類能源的最終消費占比。</li> <li>2. 電力項目採用基礎設施脆弱度；</li> </ol>

# 附錄3.1. 指標說明：經濟成長與發展

## 住宅電價

意涵：作為衡量民生用電成本高低的指標。  
計算：由World Bank之統計資料取得，單位為美分/度；台灣數值取自台灣電力公司之電燈電價。  
影響：數值越低表示民生可負擔程度較高，有助經濟成長。

## 天然氣批發價格

意涵：作為產業生產成本高低的指標。  
計算：由IGU報告取得，單位為美元/MMBTU。  
影響：數值越低則有利於廠商營運，有助經濟成長。

## 工業電價

意涵：作為產業生產成本高低的指標。  
計算：取自World Bank Doing Business，單位為美分/度。  
影響：數值越低將有利於廠商營運，有助經濟成長。

## 能源補貼占GDP比重

意涵：補貼將對政府財政帶來負擔、排擠其他政府預算項目。  
計算：取自IMF資料庫，以稅前化石燃料補貼占GDP比重(%)表示。  
影響：指標數值越高，不利於經濟成長。

## 外部成本占GDP比重

意涵：衡量一國化石燃料所產生之外部成本高低程度。  
計算：取自IMF資料庫，以稅後化石燃料補貼(不含稅前)占GDP比重(%)表示。  
影響：指標數值越高，不利於經濟成長。

## 燃料進口占GDP比重

意涵：作為能源部門對經濟負成長影響的指標。  
計算：WTO統計資料庫，以燃料進口值佔GDP比率(%)表示。  
影響：燃料進口比重越高，生產成本變動會比較大，不利經濟成長與發展。

## 燃料出口占GDP比重

意涵：作為能源部門對經濟正成長影響的指標。  
計算：WTO統計資料庫，以燃料出口值佔GDP比率(%)表示。  
影響：指標數值越高，有助於GDP提升。

## 附錄3.2. 指標說明：環境永續

每單位初級能源總供給之二氧化碳排放量

**意涵：**衡量一國能源供給或來源結構中之潔淨程度。  
**計算：**IEA World Energy Balances報告取得，單位為kg/GJ。  
**影響：**指標數值越高，對氣候及環境產生負面影響。

能源  
密集度

**意涵：**評估國家之能源效率。  
**計算：**IEA World Energy Balances報告取得，以能源使用量（公斤油當量）除以GDP（經PPP調整）表示。  
**影響：**指標數值越小代表能源使用效率越佳。

人均二氧化碳  
排放量

**意涵：**評估二氧化碳排放對氣候的影響。  
**計算：**IEA Key World Energy Statistics報告取得，單位為公噸/人。  
**影響：**指標數值越高，對氣候產生負面影響，除了對環境造成破壞，也會對人體呼吸系統產生負面損害。

懸浮微粒濃度  
(PM<sub>2.5</sub>)

**意涵：**評估PM<sub>2.5</sub>排放對人體的影響。  
**計算：**直接由官方單位統計資料取得，單位為微克/立方公尺。  
**影響：**指標數值越高，造成下呼吸道感染和其他疾病之機率越大。

# 附錄3.3. 指標說明：能源取得與安全

電氣化  
比率

**意涵：**衡量能源安全程度。  
**計算：**取自World Bank Development Indicators報告。台灣數值取自World Economic Forum Global Competitiveness Index報告取得或可接觸電力人口占總人口比率。  
**影響：**指標數值越高，能源安全程度越高。

電力供給  
品質

**意涵：**衡量能源安全程度。  
**計算：**取自World Bank Doing Business。  
**影響：**指標數值越高，能源安全程度越高。

潔淨烹飪  
燃料取得  
比率

**意涵：**瞭解一國當中有多少人口能以潔淨燃料烹飪。  
**計算：**取自World Bank Development Indicators 報告。台灣則因人均國民所得毛額超過\$10,500美元，故設定為100%。  
**影響：**指標數值越高，能源安全程度越高。

能源淨進  
口占能源  
使用比重

**意涵：**國家能源經濟風險評估，若為能源出口國則安全程度較高，淨進口國則易受國際能源價格波動影響。  
**計算：**由Key World Energy Statistic報告取得。  
**影響：**指標數值越高，國家能源經濟風險越高。

初級能源總供給的多樣程度

**意涵：**國家能源經濟風險評估。  
**計算：**取自IEA World Energy Balances。計算各類能源（煤、原油、天然氣、水力、核能、地熱、風力、太陽能、生質能等）占總初級能源比重之平方，再代入HHI計算公式。  
**影響：**指標數值越高，國家能源經濟風險越低。

進口來源國的  
多樣程度

**意涵：**國家能源經濟風險評估。  
**計算：**取自IEA World Energy Balances。先計算本國由各進口國之進口金額占本國總進口值比率，得出各國對本國貿易往來比重，再將份額平方加總求得HHI。  
**影響：**指標數值越高，國家能源經濟風險越低。

# 附錄3.4. 指標說明：資本與投資

投資自由指數  
之分數

**意涵：**越自由的經濟體，其能讓經濟個體越自由地將資源於境內或境外流動。  
**計算：**取自Heritage Foundation Investment Freedom Index 報告。  
**影響：**指標數值越高，表示對資本與投資具正向影響。

信貸可及程度

**意涵：**以取得信貸的各細項目來衡量，包括法律權利的強度、信貸訊息的深度、信用登記處的覆蓋率、信貸局覆蓋率等。若程度越高代表經濟個體獲得資本的能力或機會較大  
**計算：**取自World Bank Doing Business 報告。  
**影響：**指標數值越高，表示對資本與投資具正向影響。

對能源效率之  
投資

**意涵：**對能源效率投資越高，則越有助於順利達成能源轉型目標。  
**計算：**取自IEA 研究，以能源效率投資占所有投資的比重(%)表示，惟報告中並無統計台灣資料。  
**影響：**指標數值越高，表示對資本與投資具正向影響。

再生能源裝置  
容量建設

**意涵：**觀察再生能源設置量的變化程度，以瞭解達成能源轉型目標程度。  
**計算：**取自IRENA, EIA研究，以再生能源設置量占總裝置容量比率(%)表示。  
**影響：**指標數值越高，表示對資本與投資具正向影響。

# 附錄3.5. 指標說明：基礎設施和創新的商業環境

## 物流表現指標

**意涵：**為六個主要構面(清關過程的效率、貿易和運輸相關基礎設施的品質、安排具有價格競爭力貨物的容易程度、物流服務的能力和品質、追蹤貨物的能力、貨物在預訂交付時間內到達目的地的即時性) 之加權平均值。

**計算：**取自World Bank Logistics Performance Index報告。

**影響：**指標數值越高，表示對基礎設施和創新的商業環境具正向影響。

## 交通基礎設施的品質

**意涵：**交通、通訊及能源運輸基礎設施的品質，影響一國商業環境發展。

**計算：**取自World Economic Forum Global Competitiveness Index報告，惟報告中並未公開有關台灣部分之細項資訊。

**影響：**指標數值越高，表示對基礎設施和創新的商業環境具正向影響。

## 技術的可用性

**意涵：**一國資訊技術及先進技術的應用和可用程度，將顯著影響該國商業發展。

**計算：**取自World Economic Forum Global Competitiveness Index報告，惟報告中並未公開有關台灣部分之細項資訊。

**影響：**指標數值越高，表示對基礎設施和創新的商業環境具正向影響。

## 創新的商業環境

**意涵：**瞭解一國對於創新和風險的態度，以及企業之間對創新與共享的合作情況和新興技術投資的觀點。

**計算：**取自World Economic Forum Global Competitiveness Index報告，惟報告中並未公開有關台灣部分之細項資訊。

**影響：**指標數值越高，表示對基礎設施和創新的商業環境具正向影響。

# 附錄3.6. 指標說明：機構與治理

法律規則

**意涵：**以執行合約的各細項目來衡量，包括執行合約的天數、審判和判決的天數、執行判決的天數、律師費用、法庭費用、執行費用、司法程序的品質等。  
**計算：**取自World Bank Doing Business 報告。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之機構與治理面向越佳。

透明度

**意涵：**對一國之貪腐感知進行衡量。  
**計算：**取自Transparency Intl.報告。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之機構與治理面向越佳。

信用評等

**意涵：**衡量一國之信用評級，瞭解信用違約風險，呈現該國治理概況。  
**計算：**依S&P, Fitch, Moody' s之調查進行推算。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之機構與治理面向越佳。

# 附錄3.7. 指標說明：管理及政治承諾

NDC承諾

**意涵：**國家參與和對COP21協議之承諾。  
**計算：**取自UNFCCC CAT PBL 報告，惟尚無台灣資料。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之管理及政治承諾越佳。

政策穩定性

**意涵：**一國政府對經商環境確保穩定政策之程度。  
**計算：**取自World Economic Forum Global Competitiveness Index報告，惟尚無台灣資料。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之管理及政治承諾越佳。

RISE能源效率  
分數

**意涵：**永續能源對能源效率之管理指標。  
**計算：**取自World Bank Regulatory Indicator for Sustainable Energy報告，惟尚無台灣資料。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之管理及政治承諾越佳。

RISE再生能源  
分數

**意涵：**永續能源對再生能源之管理指標。  
**計算：**取自World Bank Regulatory Indicator for Sustainable Energy報告，惟尚無台灣資料。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之管理及政治承諾越佳。

RISE能源取得  
分數

**意涵：**永續能源對能源取得之管理指標。  
**計算：**取自World Bank Regulatory Indicator for Sustainable Energy報告，惟尚無台灣資料。  
**影響：**指標數值越高，表示該國之管理及政治承諾越佳。



## 附錄3.8. 指標說明：人力資本和消費者參與

### 低碳行業的就業機會

**意涵：**在能源轉型進程中，低碳產業提供的就業機會為觀察一國能源轉型發展概況之重要面向。

**計算：**IRENA, World Bank及ITIS之研究報告，以再生能源產業就業人數占總勞動力比重表示(%)。

**影響：**指標數值越高，表示該國之人力資本和消費者參與越佳。

### 教育品質

**意涵：**藉由衡量一國教育體系是否滿足經濟發展所需，以及高品質與專業訓練的可及性等項目，和企業是否能找到具足夠技能之員工等，瞭解國家人力資本概況。

**計算：**取自World Economic Forum Global Competitiveness Index報告，台灣數值參考107年設算。

**影響：**指標數值越高，表示該國之人力資本和消費者參與越佳。

# 附錄3.9. 指標說明：能源系統結構

人均能源使用量

**意涵：**衡量一國平均每人能源用量，瞭解能源使用規模。  
**計算：**取自World Bank IEA Statistic，以人均總初級能源消費表示，單位為GJ/人。  
**影響：**指標數值越小，表示該國之能源系統結構越佳。

再生能源發電占比

**意涵：**即衡量電力供給結構中，來自於再生能源之程度。  
**計算：**取自IEA World Energy Balances報告，以再生能源占發電總量比重(%)表示。  
**影響：**指標數值越大，表示該國之能源系統結構越佳。

煤炭發電占比

**意涵：**即衡量電力供給結構中，來自煤炭之程度。  
**計算：**取自IEA World Energy Balances，以燃煤發電占發電總量比重(%)表示。  
**影響：**指標數值越小，表示該國之能源系統結構越佳。

電力系統靈活性

**意涵：**電力供給中來自於能快速反應機組之情況。  
**計算：**取自IEA Statistic，以燃油、燃氣及水力發電占發電總量比重(%)表示。  
**影響：**指標數值越大，表示該國之能源系統結構越佳。

占全球化石燃料儲備之比重

**意涵：**觀察一國化石燃料儲量高低，瞭解其能源轉型發展概況。  
**計算：**取自BP Statistical review，惟報告中無台灣數值。  
**影響：**指標數值越小，表示該國之能源系統結構越佳。

# 附錄4.1. 系統表現細指標評比

經濟發展與成長面	107	108
住宅電力價格	49/115	45/116
工業電力價格	57/115	54/116
天然氣批發價格	115/115	115/116
能源補貼占GDP比重	57/115	57/116
外部成本占GDP比重	88/115	89/116
燃料出口占GDP比重	51/115	44/116
燃料進口占GDP比重	93/115	95/116

能源安全與取得面	107	108
電氣化比率	1/115	1/116
潔淨烹飪燃料取得比率	1/115	1/116
能源淨進口占能源使用比重	109/115	107/116
進口來源國的多樣程度	69/115	77/116
初級能源總供給的多樣程度	41/115	48/116
電力供給品質	24/115	26/116

環境永續面	107	108
懸浮微粒濃度 ( PM2.5 )	64/115	55/116
能源密集度	61/115	61/116
人均二氧化碳量	100/115	101/116
每單位初級能源總供給之二氧化碳量	72/115	82/116

## 附錄4.2. 能源轉型準備程度細指標評比

管理及政治承諾面	107	108
NDC承諾	-	-
政策穩定性	55/115	-
RISE能源效率分數	-	-
RISE再生能源分數	-	-
RISE能源取得分數	-	-

機構與治理面	107	108
法律規則	15/115	11/116
透明度	28/115	25/116
信用評等	-	20/116

資本與投資面	107	108
投資自由指數之分數	60/115	69/116
信貸可及程度	51/115	74/116
對能源效率之投資	-	-
再生能源裝置容量建設	11/115	5/116

基礎設施和創新商業環境面	107	108
物流表現指標	21/115	22/116
交通基礎設施的品質	18/115	-
技術的可用性	25/115	-
創新的商業環境	14/115	-

人力資本和消費者參與面	107	108
低碳行業的就業機會	-	27/116
教育品質	23/115	23/116

能源系統結構面	107	108
人均能源使用量	97/115	96/116
再生能源發電占比	93/115	97/116
煤炭發電占比	101/115	100/116
電力系統靈活度	93/115	90/116
占全球石化燃料儲備之比重	-	-