

出國報告（出國類別：實習）

先進能源技術多國性考察團
之研習報告

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鐘震洲；機械研究專員

派赴國家：伊朗

出國期間：105年9月29日至10月7日

報告日期：105年11月30日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：先進能源技術多國性考察團之研習報告

頁數 18 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電 人資處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

鐘震洲/台灣電力公司/綜合研究所/機械研究專員/(02)8078-2219

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：105 年 9 月 29 日至 10 月 7 日 出國地區：伊朗 德黑蘭

報告日期：105 年 11 月 30 日

分類號/目

關鍵詞： Energy Conservation、Waste Heat Recovery、Solar Thermal
Technology、Turbine Manufacturing

內容摘要：(二百至三百字)

近年來能源相關議題一直是世界各國追求競爭力經常需投入的研究目標之一，亞洲生產力組織(Asian Productivity Organization; APO)於10/1~10/5 在伊朗首都德黑蘭舉辦「Multicountry Observational Study Mission on Advanced Energy Technology」。其課程涵蓋能源效率相關課程、參觀工廠、各國的 Country Paper Presentation。

在能源效率相關課程方面，學習了工廠設備或大型發電設備省能的重要關鍵知識，並了解日本的 EC (Energy Conservation) Guideline 及相關輔導單位所扮演的角色及如何推廣相關省能技術。

在參觀工廠方面，至 MAPNA Electrical and Control Engineering & Manufacturing Co. 參觀渦輪發電設備的製造工廠，包含儀控設備、燃氣渦輪機零件加工及大型測試工廠。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

目 錄

出國報告審核表.....	I
出國報告提要.....	II
目錄.....	III
一、 出國緣由、行程及主要任務.....	1
二、 能源效率相關課程研習重點節錄.....	3
三、 參觀 MECO 渦輪發電設備製造工廠.....	10
四、 Country paper Presentation.....	12
五、 心得與建議.....	17

一、出國緣由、行程及主要任務

出國緣由：

本次出國由財團法人中國生產力中心提供參訓機會給我公司，敝人榮幸被指派參加亞洲生產力組織(Asian Productivity Organization; APO)於 10/1~10/5 在伊朗首都德黑蘭舉辦之「Multicountry Observational Study Mission on Advanced Energy Technology」。

近年來能源相關議題一直是世界各國追求競爭力經常需投入的研究目標之一。有鑑於此，APO 本年度選擇於伊朗首都德黑蘭進行為期 5 天的研習活動，其中包含 2 天與能源效率相關的課程、1 天半的工廠參訪行程、1 天半的各國能源情況簡報及小組討論活動。此次赴伊朗研習之重點如下：

1. 學習工廠設備或大型發電設備省能的重要關鍵知識。
2. 了解日本的 EC (Energy Conservation) Guideline 及相關輔導單位所扮演的角色及如何推廣相關省能技術。
3. 至 MAPNA Electrical and Control Engineering & Manufacturing Co. 參觀渦輪發電設備的製造工廠，包含儀控設備、燃氣渦輪機零件加工及大型測試工廠。

本次出國案件係應用之出國核定書為 EE105147 號，人字第 1058083326 號函。

出國行程及主要任務：

本次出國期間自 105 年 9 月 29 日至 10 月 7 日，主要的任務為研習能源效率相關的課程、參觀工廠及了解各國能源情景，相關經驗有助於電廠節能技術推廣及了解生產渦輪機零組件之工廠規模。全部任務內容概要說明於下表：

項次	研習性質	研習內容
1	能源效率相關課程	(1) Examples of Most Energy Intensive Industries and their Energy Consumption (2) Energy Efficiency Tips for Industrial/Utility Equipment in Manufacturing Sector (3) Routes to Success for Energy Efficiency and Conservation in the Industrial Sector (4) Basic Knowledge of Thermal & Electrical Energy to improve Energy Conservation (EC) performance based on EC Guideline under the EC Law in Japan
2	參觀工廠	MAPNA Electrical and Control Engineering & Manufacturing Co.
3	Country Paper presentation	Bangladesh, Taiwan, India, Korea, Mongolia, Nepal, Sri Lanka, Thailand, Vietnam, Iran 等各國代表上台報告各國的能源情景





二、能源效率相關課程研習重點節錄

1、Examples of Most Energy Intensive Industries and their Energy Consumption

(1) 全球每年的能源消耗量從 1970 年左右的 4,000 MTOE(million tons oil equivalent) 成長至目前的 13,000 MTOE，約成長 3 倍以上。

(2) 其中工業用途的能源消耗量約 3,019 MOTE，其中鋼鐵業+化工業就佔了約 50%的消耗量。工業所產生的 CO₂ 排放量約 31,342 MT，約佔總排放量的 40%。

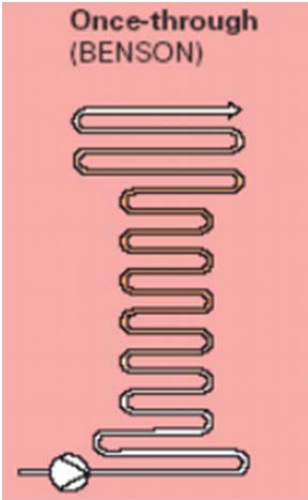
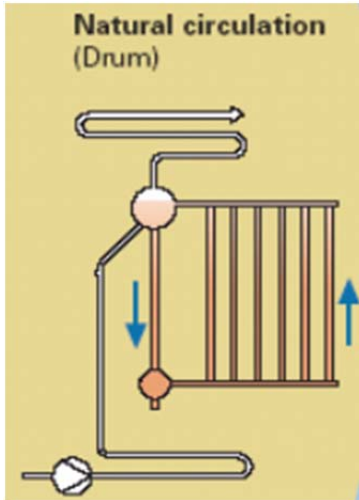
(3) 電動馬達或驅動器的節能潛力(以行業別來看)：

Sector		Conservation potential (%)	Energy Handled by Motors (%)
Industrial Sector		Up to 25	70 - 75 %
Agriculture Sector		Up to 30	20 - 25 %
Domestic Sector		Up to 20	2 - 3 %
Commercial Sector		Up to 30	4 - 5 %

2、Energy Efficiency Tips for Industrial/ Utility Equipment in Manufacturing Sector

(1) 課程中針對鍋爐系統，個別提出省能的關鍵點。

(2) 超臨界與次臨界鍋爐系統的比較：

項次	項目	超臨界(Supercritical)鍋爐	次臨界 Subcritical 鍋爐
1	名稱定義	水在壓力 22.1MPa 以上 & 溫度 374 °C 以上的狀態加熱，由液態直接變汽態。	水在壓力 22.1MPa 以下 or 溫度 375 °C 以下的狀態加熱，會有明顯的蒸發過程。
2	汽水分離機構	運轉初期使用，之後採貫流式	全程採汽鼓式
3	昇載率控制	容易，蒸汽溫度可控制在+5°C內	不容易，蒸汽溫度控制在+-20°C內
4	啟動時間 (with bypass system)	熱啟動(停機 2hr) 30 min	熱啟動(停機 2hr) 30 min
		暖啟動(停機 8hr) 45 min	暖啟動(停機 8hr) 45-70 min
		冷啟動(停機 36hr) 90 min	冷啟動(停機 36hr) 140-220 min
5	電廠效率 η (HHV)	34~37%	37~41%
6	爐水循環示意圖	 <p>Once-through (BENSON)</p>	 <p>Natural circulation (Drum)</p>

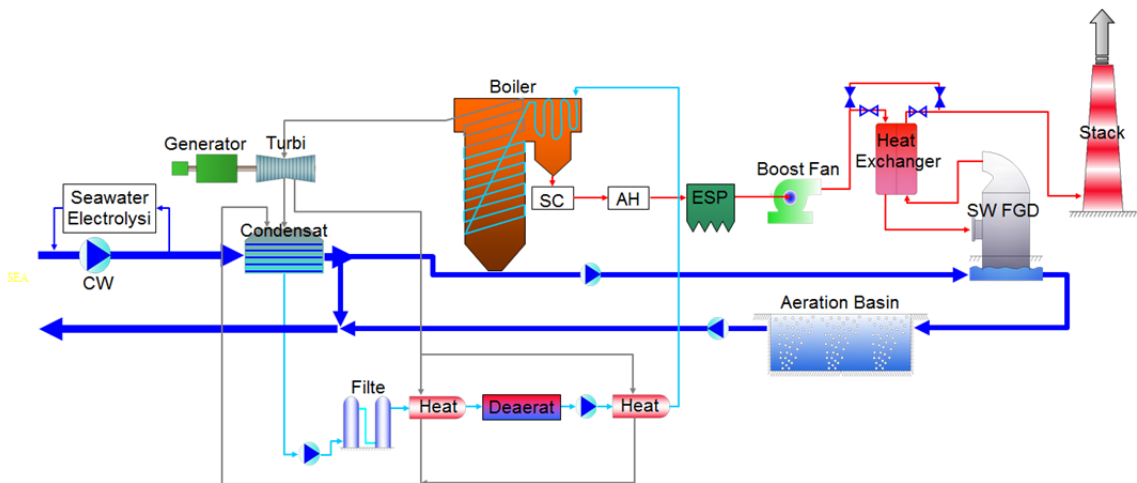
(3) 省煤器(Economizer)：省煤器通常佈置在煙道中，且總是保持水由下向上流動，以便於排出其中的空氣，避免引起局部的氧化腐蝕。煙氣從上向下流動，既有利於吹灰，又保持煙氣相對於水的逆向流動，可增大熱傳溫差。

(4) 過熱器(Superheater)：過熱器是用來將鍋爐的飽和蒸汽進一

步加熱到所需過熱蒸汽溫度，其出口蒸汽將直接導入驅動高壓渦輪機旋轉。

(5) 再熱器(Reheater)：利用第一級渦輪機出口的剩餘蒸汽，再進入鍋爐內的再熱器加熱，增加蒸汽的焓值，最後再導入中壓、低壓渦輪機驅動旋轉。

(6) 輔機設備：泛指與鍋爐共存之輔助設備，如粉煤機(Pulverizer)、送風機、空氣預熱器(APH)、排煙脫硝(SCR)、吹灰機構等。



(7) 熱率(Heat Rate)的單位是 Kcal/kWh，如果能夠將燃料的化學能%轉換為電能，則熱率為 860 Kcal/kWh。因為實務運轉上會有能量的損失，一般全載的熱率為 2200 Kcal/kWh，效率約為 39%。

(8) 一般在計算鍋爐效率時，需考量到下列的參數：AH flue gas outlet $O_2/CO_2/CO$, AH flue gas inlet and outlet temperatures C, Primary air temp at AH inlet and outlet C, Secondary air

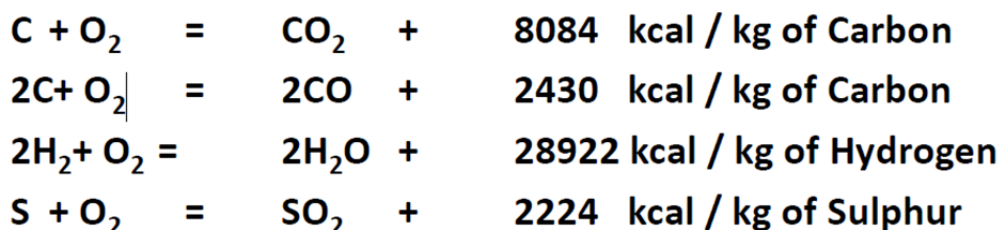
temperature at AH inlet and outlet C, Total Airflow t/hr, Secondary Air Flow t/hr, Dry/Wet bulb temperatures C, Ambient pressure bar, GCV kcal/kg, Proximate Analysis of Coal, Combustibles in Bottom Ash and Flyash.

(9) 燃煤鍋爐的完全燃燒理論空氣量計算公式為：

$$\text{Theoretical Air} = 4.31 [8/3C + 8(H - O/8) - S] \text{ kg / 100 kg fuel}$$

C H O S - % per kg of fuel

其中 C、H、S 個別與 O 之反應式及放出之熱能如下：



所以當 C 燃燒不完全時(由 CO₂ 變為 CO)，將會損失 5654kcal / kg of CO formed 之熱能。

(10) 本課程有提到空壓機的節能，以相同的馬力、作業壓力及輸出風量來比較，離心式空壓機的效能優於往復式空壓機及螺桿式空壓機。進氣口的溫度也會影響整體空壓機效率，以講義上的數據為例，平均進氣溫度每升高 4°C，會多消耗約 1%的電力消耗。

Inlet Temperature (°C)	Relative Air Delivery (%)	Power Saved (%)
10.0	102.0	+ 1.4
15.5	100.0	Nil
21.1	98.1	- 1.3
26.6	96.3	- 2.5
32.2	94.1	- 4.0
37.7	92.8	- 5.0
43.3	91.2	- 5.8

3、Routes to Success for Energy Efficiency and Conservation in the Industrial Sector

(1) 日本在 1979 年有制定”合理使用能源法” (Act on the Rational Use of Energy)，該法律涵蓋了工業、商業、住宅和交通等的能源消耗規範。基本上這個法律有要求工商業經營者必須每年測量並且提出他們的能源消耗情況給日本政府統計，並且制定建築和房屋的能源效率標準，另外還有制定適用於家用電器、設備和汽車的”Top Runner Program”。

(2) 在日本的 Energy Conservation Law，有規範一定規模以上的工業部門除了每年要提出他們的能源消耗情況給日本政府統計外，還要委任能源經理人來從事節能的中長期規劃，每年必須持續改善達到至少 1% 的能源效率提升。廠房超過 300m² 的建築面積時，亦必須遵守建築節能標準。

(3) 為了能夠順利的實施節能，日本政府有一些推廣的方法：

- ① 對節能設備與設施及相關研發有補貼制度。
- ② 企業有綠能投資時可低利向日本的金融公司貸款，並可以減稅。
- ③ 透過調查研究、示範計畫、研討會等活動進行政策倡議。
- ④ 以獎勵的方式去收集節能案例，並宣傳最佳的節能案例。

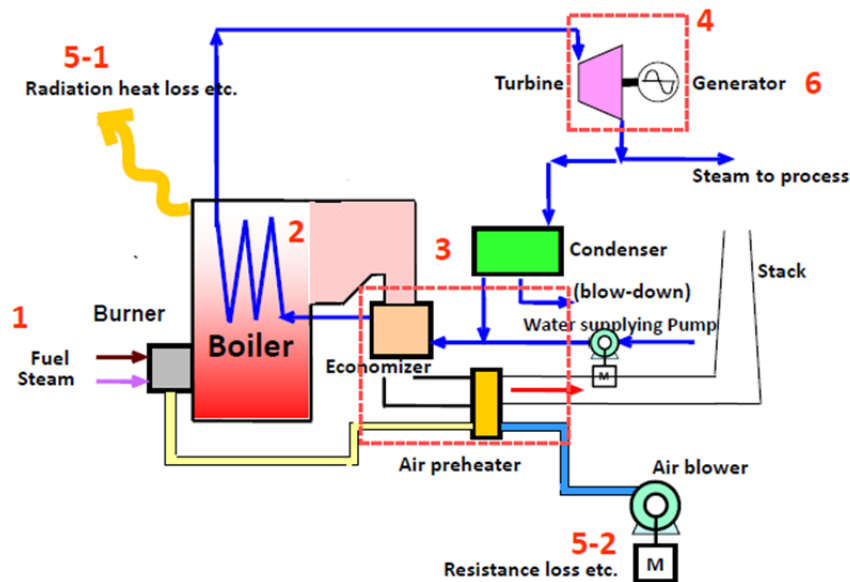
4、Basic Knowledge of Thermal & Electrical Energy to improve Energy Conservation (EC) performance based on EC Guideline under the EC Law in Japan

(1) 日本的 EC Guideline 有針對工廠提出 6 大領域的節能方向：

- ① Generation of Heat Fuel Combustion.
- ② Heating, Cooling & Heat Transfer.
- ③ Recovery and utilization of waste heat.
- ④ Conversion of Heat to Power.
- ⑤ Energy Loss due to Radiation, Conduction and Resistance.
- ⑥ Conversion of Electricity to Power, Heat, etc.

(2) 以上 6 大節能方向如果以鍋爐蒸汽電廠為例，則可以對應到以下的地方：

- ① 燃料燃燒產生熱能的轉換效率。
- ② 鍋爐管壁的熱傳能力。
- ③ 省煤器、空氣預熱器的廢熱回收技術
- ④ 渦輪機的運轉效率。
- ⑤ 鍋爐或管路的保溫效果、馬達的線圈阻抗損失。
- ⑥ 馬達、泵、風扇、鼓風機、空氣壓縮機、起重設備等。



(3) 微型熱電聯產系統 (Micro cogeneration system)：是一種可以在現場同步產生熱和電的整合系統。此微型熱電聯產系統若和分散式能源系統同步整合，則可以改善能源使用效率、降低碳排放量、優化燃料的靈活調度及降低公司的營運成本。這種系統比較適合小型工廠使用，可以降低投資成本並且仍然保有較高的能源使用效率。

(4) 泵浦系統的效率損失概念：液體或氣體從一端運輸到另一端，中間所有經過的元件多少都會讓液體或氣體的壓力損失。所以在選用馬達、泵浦、閥種類、配管方式時需注意個別的效率或產生的壓損，才能減少整體系統的效率損失。

$$\begin{aligned}
 & \text{Pump facility [kW]} \\
 & = \frac{\gamma \times \text{① } Q / 60 \text{ (discharge flow rate) [m}^3\text{/min]} \times \text{② } 9.8 \times H \text{ (total head) [m]}}{\text{③ } \eta_p \text{ (pump efficiency)} \times \eta_m \text{ (electric motor efficiency)} \times \eta_t \text{ (efficiency of transmission, transducer)}} \times \text{④ } T \text{ (Operating time of pump) [h]} \\
 & \text{(Note) Input power of water pump} \\
 & \text{kW} = 0.163 \times Q \times H / (\eta_p \times \eta_m \times \eta_t)
 \end{aligned}$$

三、參觀 MECO 渦輪發電設備製造工廠

1、MAPNA 集團的簡介：

MAPNA 成立於 1993 年，起初發展的目標是成為火力發電廠建廠的總承包商。但在其成立二十多年之後，其業務線和能力已經發展並多樣化擴展到其他行業，包含火力、再生能源、石油、天然氣及鐵路運輸等工業項目的開發與執行。另外也要主要設備的製造能力，包含燃氣和蒸汽渦輪機、發電機、渦輪動葉片與靜葉片、廢熱回收鍋爐、電氣與控制系統、空氣壓縮機等。

2、參觀行程：

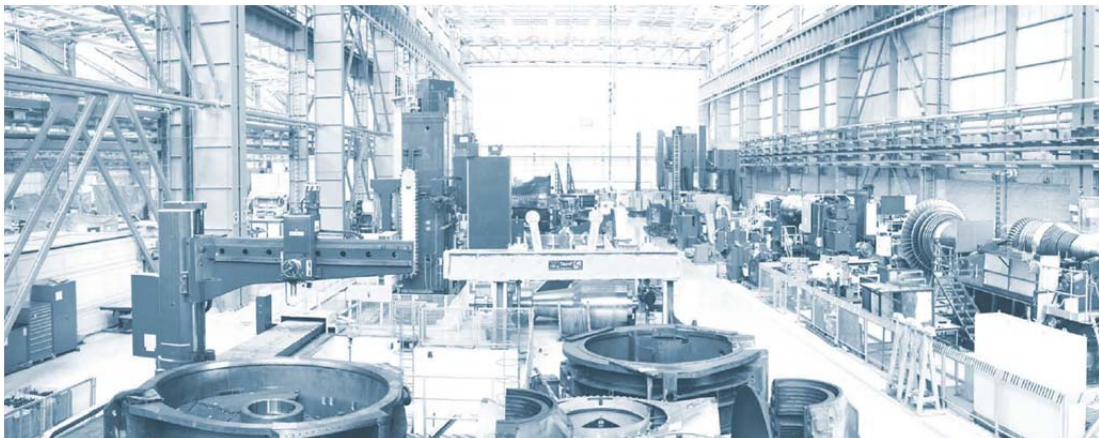
這次有幸參觀離德黑蘭約 1 小時車程，位於 Karaj 的 MECO 渦輪發電設備製造工廠。MECO 隸屬於 MAPNA 集團，是伊朗目前首屈一指的燃氣與蒸汽渦輪機製造公司。該公司成立於 2004 年 7 月，據說一開始只有 12 位專業人員，目前已超過 400 位專業人員參與相關工作。大約在 2004 年~2005 年之間，MECO 有取得生產西門子渦輪機和發電機的電控系統可靠許可證(reliable licence)，並和 ABB Switzerland 簽訂可生產 SEE(靜態勵磁設備)、SFC(靜態頻率轉換器)和 Generator Protection(發電機保護)的合約。

在 MECO 的渦輪機製造工廠，可以看到西門子 V94.2 Hot

Gas Path 元件的蹤影，譬如 Inner Casing、Mixing Chamber、rotor disc 等，而且也有見到可加工上述大型工件的龍門型 CNC 加工機。在葉片部分，現場也有看到十幾二十台左右的 3~5 軸 CNC 加工機正在銑製空壓段的實心葉片。

此外，MECO 也有大型的燃氣渦輪機性能測試廠房，可以把整套組裝好的燃氣渦輪機(含空壓段、渦輪段、casing、燃燒 can 等)推入測試艙房內，以進行性能實測，可獲得運轉溫度、排氣溫度、輸出功率、燃料流率、熱率、NO_x 排放濃度等數據。

他們除了有生產或維修西門子 V94.3 的機型以外，也有以 V94.3 為基礎自行開發大型燃氣渦輪機，機組型號為 MGT-70 (MAP2A)。這個機組也是採用類似西門子 V94.3 的 2 個 Silo 型的燃燒桶，空壓段有 16 級，渦輪段有 4 級，單循環的總功率輸出為 170 MW，總效率為 34.6%，熱率為 10405 KJ/kWh，運轉溫度為 1090°C，排氣溫度為 556°C，壓縮比為 11.8，NO_x 排放濃度為 25 ppm。



四、 Country Paper Presentation

本次研習除了有上課學習新知、去參觀工廠增廣見聞以外，每個國家的代表要上台簡報自己國家的能源情景。以下是這次我的簡報投影片的部分內容(未含 Key institutions involved in energy efficient technology 以及 Case study on energy efficient technology in Taiwan)。



Country Paper for
Multicountry Observational Study Mission
on Advanced Energy Technology
1-5 October 2016, Tehran, IR Iran
by **Chen-Chou Chung, Taiwan**



<http://www.rivachguides.com/destinations/asia/taiwan/>



Taiwan power company TPRI 1/25 國立臺灣大學 National Taiwan University Touch Your Heart

Outline

1. Taiwan's energy scenario
2. Taiwan's energy development guideline
3. Key institutions involved in energy efficient technologies
4. Case study on energy efficient technology in Taiwan



1. Taiwan's energy scenario

Where is Taiwan?

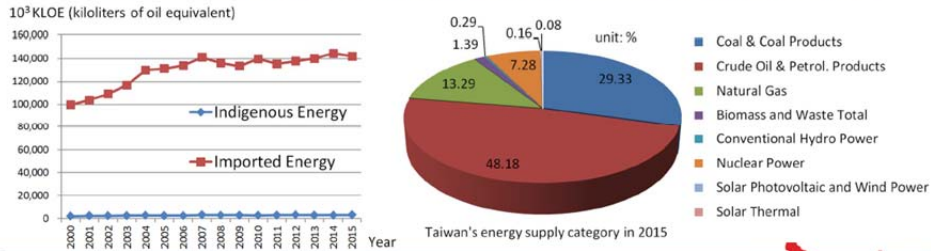


The proportion of mountains, hills, plains is 3: 4: 3



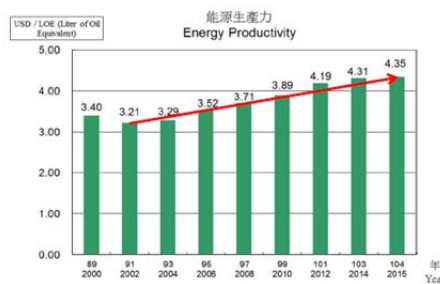
1. Taiwan's energy scenario

- According to BP(British Petroleum Company)'s survey in 2013, the energy consumption in Taiwan was in the world's top 25.
- Due to small land area and less Indigenous Energy, Taiwan need more than 97% Imported Energy.
- Top 4 of energy supply category are (1)Crude Oil & Petroleum Products, (2)Coal & Coal Products, (3)Natural Gas, (4)Nuclear Power



1. Taiwan's energy scenario

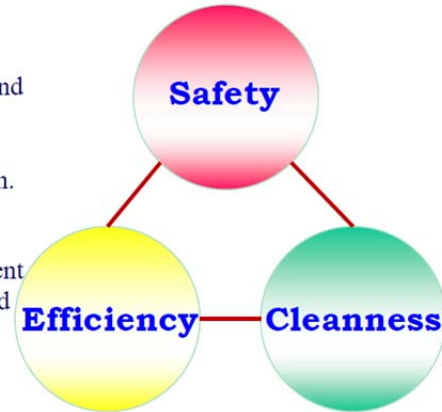
- Taiwan's energy productivity over the past 13 years was gradually rising 35%.
- This means the efficiency of energy was increasing in recent years.



2. Taiwan's energy development guideline



- **Development Prospects**
To construct an energy supply and demand system that is safe, stable, efficient and clean and to build an environment that helps energy saving and carbon reduction.
- **Policy Principles**
It is a core thinking of energy development in Taiwan to promote a safe, efficient and clean energy system. [2]



2. Taiwan's energy development guideline



Safety

- To establish a balanced energy **supply and demand** system that is affordable with low risks.
- To stabilize the origin and channel of energy supply, to ensure the balance of energy supply and demand and the normal operation of the system and to complete the risk management of the system.



2. Taiwan's energy development guideline

Efficiency

- To gradually lower **energy intensity** and to elevate quality in energy application for uplifting competitiveness of Taiwan.

$$\text{Energy intensity} = \frac{\text{energy consumption}}{\text{GDP}}$$

- To strengthen energy use management, to promote energy transformation, delivery, contribution and efficiency to increase the value added of energy application.



2. Taiwan's energy development guideline

Cleanness

- To gradually lower the intensity of carbon emission and to decrease the emissions of other pollutants for keeping the promise of carbon emission reduction announced internationally and building a clean energy system and healthy living environment.
- To develop low carbon energy and use low carbon techniques to lessen the impact of energy development and use on the environment.



五、心得與建議

一說要去伊朗研習，同事和家人都有一樣的反應：「怎麼會去這個國家呢？不會危險嗎？有沒有 ISIS 呀？」其實包括我自己，大部分的人對伊朗有誤解。整段旅程中，除了在伊朗德黑蘭入境前辦理落地簽的時候有些許不便與不解之外，其餘的過程(課程上同學間的互動、工廠參觀、市區街上感受)讓我對伊朗的印象是完全改觀，人民很熱情、工業很發達是我對伊朗新的印象。

這次的課程邀請了印度和日本兩位專家擔任講師，參與課程的同學也有兩位是印度籍，我發現印度人的英文能力很好，讓我比較困擾的是他們的英文口說速度很快而且發音會連在一起，所以聽的比較吃力。而日本講師讓我有一個可以學習的地方，就是他的英文詞彙雖然不豐富，但他會用簡單的詞彙去描述人事物，而且面對同學們提出的各種問題時，他都會很誠懇的跑到同學面前傾聽，笑笑地回答第一句總是” Good question!” 並豎起大拇指，讓我覺得這位講師很高明，會懂得如何拉近與同學的距離，並增加回答問題的信心強度。

在參觀渦輪機製造工廠前，我對伊朗的工業沒甚麼特別印象，只知道伊朗是石油大國，其石油開採工業應該很發達。在參觀過渦輪機製造工廠後，讓我對他們的工業能力改觀。因為我們自己也在做相關的研究與生產，所以了解要製造這些大型熱元件有其一定的

難度，而且先期需要建置許多高單價的生產與測試設備並累積多年的經驗後才有辦法跨出那一步。很訝異能夠在這樣的活動、這樣神秘的國家參觀到跟我們研究領域相同的工廠，這是個難得的經驗，也希望這經驗能對日後我們要更進一步發展的版圖思維有所助益。

