

出國報告（出國類別：考察）

經濟部 2018 年史瓦帝尼
能礦產業專家訪問團

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：林恆山資深專業工程師

派赴國家：史瓦帝尼

出國期間：2018 年 7 月 14 日

至 2018 年 7 月 20 日

報告日期：2018 年 8 月 24 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：經濟部 2018 年史瓦帝尼能礦產業專家訪問團

頁數 39 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

1、林恆山/台灣電力公司/再生能源處/資深專業工程師/(02)23666504

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：2018 年 7 月 14 日至 2018 年 7 月 20 日 出國地區：史瓦帝尼

報告日期：2018 年 8 月 24 日

分類號/目

關鍵詞：史瓦帝尼，再生能源，能礦專家團

內容摘要：(二百至三百字)

2018年5月22日史瓦帝尼(Eswatini)外交部部長甘梅澤(Hon. Mgwagwa Gamedze)拜訪經濟部長，並指派經濟部王次長於2018年7月籌組臺灣能礦專家團訪問史瓦帝尼，以促成臺史雙方電力及再生能源合作機會。

史國官員請我方前往評估技術合作設置300MW燃煤電廠及再生能源，以促成兩國交流。此次主要任務即在實地了解史國電力環境並評估未來參與史國電力建設的模式與可行性。

史國在電力供應上百分之八十倚賴南非，因此在電力技術上非常貧乏。史方希望台電能協助史國發展電力，協助發電廠興建(包括火力、水力及太陽光電等)。台電在電力建設上，已經累積了深厚的技術能力，必定可以協助史國發展電力並訓練其技術人才。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

一、 參訪緣起.....	4
(一)參訪單位與重點.....	4
(二)參訪行程.....	4
二、 史瓦帝尼電力概況.....	8
(一) 史瓦帝尼的煤礦資源.....	12
(二) 燃煤火力電廠興建與運維.....	14
(三) 協助太陽光電場的興建與監.....	17
(四) 協助史國評估風能.....	20
三、 能力建置.....	21
四、 結語.....	23
附錄一.....	24
附錄二.....	32
附錄三.....	37
附錄四.....	39

一、參訪緣起

2018年5月22日史瓦帝尼(Eswatini)外交部部長甘梅澤(Hon. Mgwagwa Gamedze)拜訪經濟部沈部長，並指派經濟部王次長於2018年7月籌組臺灣能礦專家團訪問史瓦帝尼，以促成臺史雙方電力及再生能源合作機會。

史國外交部部長一行並於5月23日至台電拜會，由水火力發電事業部執行長陳建益副總接待，座談會上，史國官員請我方前往評估技術合作設置300MW燃煤電廠及再生能源，以促成兩國交流。本人此次奉派至史瓦帝尼，主要任務即在實地了解史國電力環境並評估未來參與史國電力建設的模式與可行性。

在史國總共停留三天時間，除開第二天現勘10MW太陽光電場址外，其他時間皆參與雙方交流會議。

史國在電力供應上百分之八十倚賴南非，因此在電力技術上非常貧乏。史方希望台電能協助史國發展電力，協助發電廠興建(包括火力、水力及太陽光電等)。台電在電力建設上，已經累積了深厚的技術能力，必定可以協助史國發展電力並訓練其技術人才。

(一)、參與單位與重點

為協助史國發展火力發電及再生能源，此次參與此議題的單位有能源局、臺灣電力公司及工研院綠能所。史方提出三項訴求，一是協助史方建置偏遠地區之微型電網發電系統；二是協助史方於再生能源與能源效率的技術發展(包含研究、安裝、操作與維護等)；三是量化再生能源之資源：太陽輻射量及可貸款風力資料測量。

(二)、參訪行程

參訪行程如所示能礦專家團訪問史瓦帝尼行程規劃。此行能礦專家團包括¹礦產、²石油與³電力及再生能源。本報告將著重在電力及再生能源部分。

臺灣能礦專家團訪問史瓦帝尼行程規劃

Republic of China on Taiwan Energy and Mining Technical Delegation to the Kingdom of Eswatini Draft Programme

Day 1 – Saturday 14 th July 2018		
下午：離臺赴南非、新加坡轉機	15:45 桃園國際機場第2航廈集合 17:45 桃園國際機場第2航廈，搭乘新加坡航空 SQ879 班機前往新加坡轉機赴南非 22:10 抵達新加坡	
Day 2 – Sunday 15 th July 2018		
上午：新加坡及南非轉機赴史瓦帝尼	01:25 搭乘新加坡航空 SQ478 班機前往南非 06:10 抵達南非 10:05 搭乘 SA8082 班機前往史瓦帝尼 10:55 抵達史瓦帝尼 12:00 抵達下榻旅館辦理入住 Royal Swazi Spa Hotel	
中午	團務工作餐會	由駐史瓦帝尼大使館經參處安排；我方團員13人、駐館陪同人員2人，共15人
Day 3 – Monday 16 th July 2018		地點：Royal Swazi Spa Hotel
上午（8:30-12:30）大會	致詞及臺灣訪團背景介紹	史瓦帝尼天然資源及能源部部長或次長 臺灣代表團
Morning - Plenary Session	Welcome Remarks And Background Briefing on Taiwan Mission	Honourable Minister/Principal Secretary of the Ministry of Natural Resources and Energy Delegation from Republic of China on Taiwan
	投資概況 Country Investment Overview	史瓦帝尼投資促進局 SIPA
中場休息 Morning Break		
會議同時進行	第一會議室：礦產 礦產機會簡報（例如：煤、鑽石、金礦、鐵礦、工業礦物） Room 1: Mining Presentation of opportunities in the Mining Sector (e.g. Coal, Diamond, Gold Deposit, Iron Ore and Industrial Minerals)	礦產小組： 史國礦務局及臺灣礦務代表團 Mining Team: Mining Department + ROC on Taiwan Mining Delegation
Break away Sessions (to take place in parallel)	第二會議室：石油 石油投資機會簡報（戰略石油儲備及石油品質保證計畫） Room 2: Petroleum Presentation of opportunities in the Petroleum Sector (<i>Strategic Oil Reserve and Petroleum Quality Assurance Programme</i>)	石油小組： 史國能源部石油小組及臺灣石油代表團 Petroleum Team: Energy Department - Petroleum Unit + ROC on Taiwan Petroleum Delegation

	<p>第三會議室：電力及再生能源 電力及再生能源投資機會簡報（例如：風力、太陽能、生質能源）</p> <p>Room 3: Electricity and Renewables Presentation of opportunities in Renewable and Electricity Sectors (<i>Wind, Solar and Biomass</i>)</p>	<p>電力及再生能源：史國能源部再生能源及電力小組、史瓦帝尼電力公司、史瓦帝尼能源管制局及臺灣電力及再生能源代表團</p> <p>Electricity and Renewables Team: Energy Department – Renewables and Electricity Unit + Swaziland Electricity Company (SEC) + Swaziland Energy Regulatory Authority (SERA) + ROC on Taiwan Electricity and Renewable Team Delegation</p>
中午 (12:30-14:00)	能礦產業工作餐會	由駐史瓦帝尼大使館經參處安排；我方團員 13 人，駐館陪同人員 2 人及史方能礦產業官員與專家 13 人，共 28 人
下午 (14:00-17:00) Afternoon	參觀石油測試實驗室 Visit to the Petroleum Testing Laboratory	石油小組 Petroleum Team
	參觀儲血銀行及屋頂太陽能計畫 Visit to the Blood Bank and Ezulwini for viewing of Rooftop Solar projects	電力及再生能源小組 Electricity and Renewable Team
	參觀 Ngwenya 鐵礦 Visit to Ngwenya Iron Ore Mine	礦產小組 Mining Team
Day 4 – Tuesday 17th July 2018		
整日參訪行程 All day Field Visit	參觀 Phuzumoya 戰略石油儲備 Visit to Phuzumoya Strategic Oil Reserve site	石油小組 Petroleum Team
	參觀 Mpaka、Lubhuku 及 Dvokolwako Visit to Mpaka, Lubhuku and Dvokolwako	礦產小組 Mining Team
	能礦產業考察工作餐會	由駐史瓦帝尼大使館經參處安排；我方團員 13 人，駐館陪同人員 3 人及史方陪同考察人員 12 人，共 28 人
	參觀 Lavumisa 提議太陽能廠址 Visit to Lavumisa Solar Plant proposed site	電力及再生能源小組 Electricity and Renewable Team

晚上	綜合產業簡報晚會	礦產、再生能源及石油專家小組向王次長簡報；由駐史瓦帝尼大使館經參處安排；水產水族食品 20 人，能礦專家 13 人，駐史國大使及駐館陪同人員 5 人，共 38 人
Day 5 – Wednesday 18th July 2018		
地點：Royal Swazi Spa Hotel		
上午（8:30-12:30）會議 Morning – Plenary Session	王次長開幕致詞 10:15 Opening remarks by Vice Minister Ms. Mei-Hua Wang 三個小組回饋 Feedback from the Three Teams	臺灣 Republic of China on Taiwan
	合作倡議討論、未來規劃及會議總結 Discussions on cooperation initiatives, way forward meeting and wrap up meeting	天然資源及能源部政務次長： Bheki Victor Gama (暫定) Principal Secretary, Ministry of Natural Resources and Energy : Mr. Bheki Victor Gama (Temporary)
中午（12:30-14:00）	能礦產業總結餐會	由駐史瓦帝尼大使館經參處安排；我方團員及駐館同仁 17 人，能礦官員與專家 20 人，共 37 人
下午（14:00-17:00） Afternoon	與礦業管理委員會會面 Meeting with Minerals Management Board	礦務局 Mining Department
晚上	駐史瓦帝尼大使館陳大使晚宴	
Day 6 – Thursday 19th July 2018		
上午：搭機返國	08:10 王次長及部分團員搭乘 SA8081 返國 09:15 王次長及部分團員抵達南非約堡 13:55 王次長及部分團員於南非約堡搭 SQ479 班機往新加坡	
Day 7 – Friday 20th July 2018		
上午：轉機返國	06:10 王次長及部分團員搭 SQ479 班機抵達新加坡 08:20 王次長及部分團員於新加坡轉搭 SQ876 班機返臺	
下午：抵臺	13:15 王次長及部分團員搭 SQ876 班機抵臺	

二、史瓦帝尼電力概況

身處非洲南部的內陸國，北、西、南三面為南非共和國所包圍，東北面與莫三比克為鄰，史瓦帝尼是我國在非洲唯一的邦交國，維持此邦交對我國在外交及國際地位上深具指標性意義。史國基於戰略考量，希望電力能夠自主供應，因此向我國提出關於能力建構、太陽光電、火力電廠及水力發電等 4 個領域之合作計畫(如圖 1 所示)。

2018 年 5 月 23 日，史國代表團拜訪本公司，表達希望雙方在再生能源以及興建火力電廠之合作意願。2018 年 6 月 8 日在蔡總統與恩史瓦帝三世國王共同見證下，兩國經濟部長簽署了《臺史經濟合作協定》，盼持續深化各項合作，共創雙方人民福祉。

史國面積 17,364 km²，總人口約 1,130,000 人(估計值)，使用史瓦濟語及英語，人民大都屬中低收入，國內愛滋病問題嚴重，平均壽命降至 32 歲，所有愛滋病患者中，有 83%同時患有肺結核。

電力供應量僅達需求量之 20%，餘 80%須賴進口，其中 70%由南非進口，7%由莫三比克進口，3%由其他來源供應。為確保電力之供應，希望引進台商，投資發電廠，如能取得先機，投資發電廠，應具無限發展之潛力。史瓦帝尼煤礦蘊藏量極為豐富，預計共有 10 億 1,700 萬公噸，若以 1 噸煤約可發 2500 度電，史國目前一年總用電量約 10 億度電。若以目前淺層煤礦充分開採，可供史國 200 年用電所需(參考圖 2、3、4、5、6)。



圖 1、史國身處非洲南部的內陸國，北、西、南三面為南非共和國所包圍，東北面與莫三比克為鄰

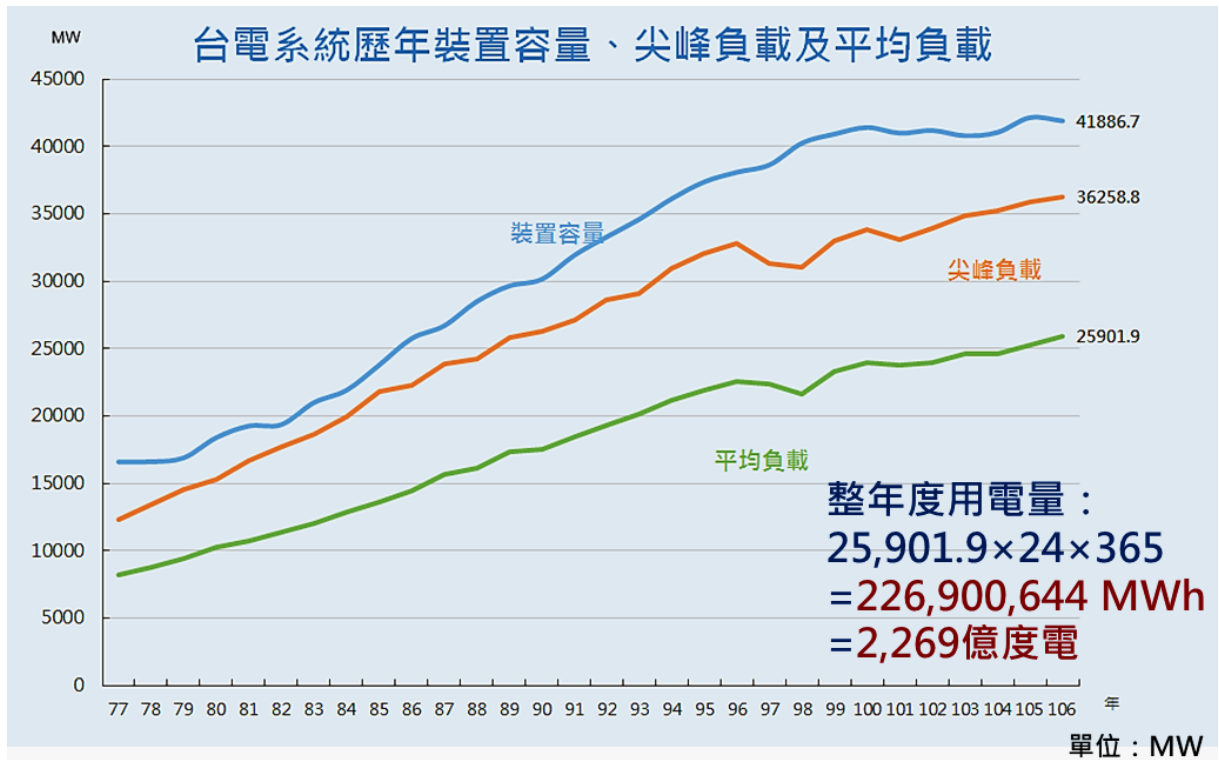
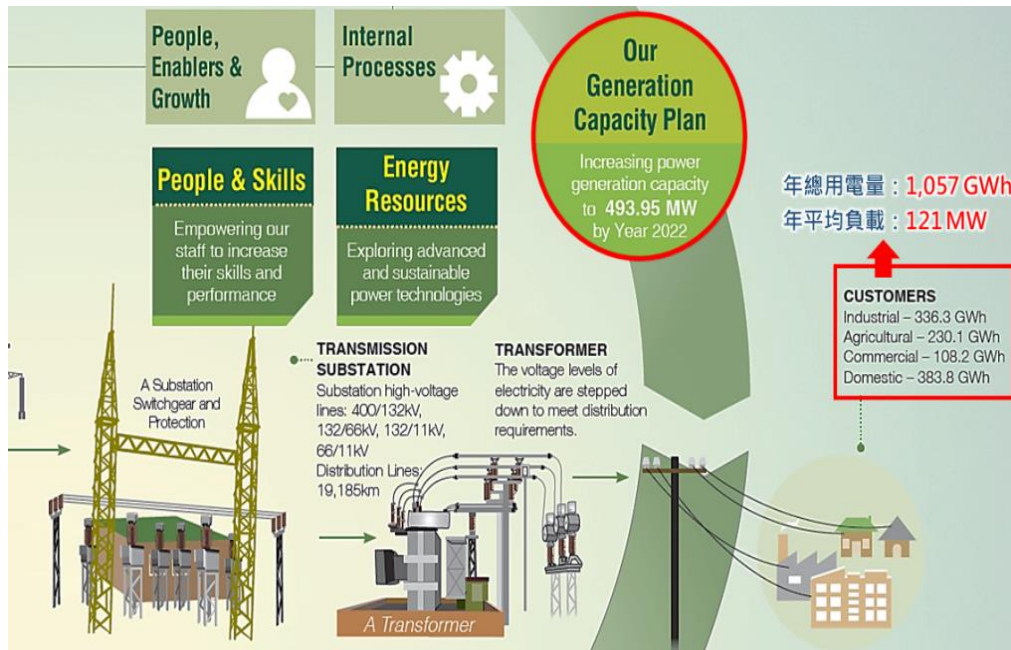


圖 2、台灣目前電力系統的裝置容量、尖峰負載及平均負載；於過去 30 年的歷年變化趨勢圖

一年總用電量：226,901 GWh
 : 2,269億度電
 總裝置容量：41,886 MW
 台灣目前人口約：2300萬人
 每人年平均用電量：9,865 kWh
 相對每人裝置容量：1.82 kW

發電機組別	裝置容量		1月至12月止累計值		
	KW	構成比 %	發電量 KWH	%	
核能機組 A	5,144,000	12.3	21,560,475,160	9.3	
火力機組	汽 燃 油	2,000,000	4.8	10,145,638,400	4.4
	燃 煤	9,200,000	22.0	69,590,148,432	30.1
	燃 氣	1,050,000	2.5	6,977,748,300	3.0
	複 循 環	8,821,150	21.1	62,657,151,610	27.1
	氣 渦 輪	280,000	0.7	183,533,600	0.1
	柴 油 機	290,148	0.7	778,925,589	0.3
	汽 電 共 生	622,076	1.5	6,637,432,420	2.9
	民 營 電 廠(燃煤)	3,097,100	7.4	20,995,987,155	9.1
	民 營 電 廠(燃氣)	4,610,000	11.0	19,486,097,671	8.4
	火力小計 B	29,970,474	71.6	197,452,663,177	85.4
水力機組	慣 常	1,800,207	4.3	4,502,682,949	1.9
	抽 蓄	2,602,000	6.2	3,321,950,233	1.4
	購 電	289,064	0.7	921,302,299	0.4
水力小計 C	4,691,271	11.2	8,745,935,481	3.8	
風力	自 有	293,960	0.7	745,773,669	0.3
	購 電	398,600	1.0	951,602,170	0.4
風力小計 D	692,560	1.7	1,697,375,839	0.7	
太陽能	自 有	18,237	0.0	24,142,739	0.0
	購 電	1,368,695	3.3	1,596,763,302	0.7
	太陽能小計 E	1,386,932	3.3	1,620,906,041	0.7
生質能	購 電 F	1,433	0.0	3,125,038	0.0
發售總計 (A+B+C+D+E+F)	41,886,670	100.0	231,080,480,736	100.0	
抽蓄負載 G			4,179,494,000		
供電總計 (A+B+C+D+E+F-G)			226,900,986,736		

圖 3、台灣電力系統各種發電方式的裝置容量及 2017 年用電一覽表



史國國內電力供應量僅達需求量之20%，餘80%須賴進口，其中70%由南非進口，7%由莫三比克進口，3%由其他來源供應。
 史國政府為確保電力之供應，希望引進台商，投資發電廠，由於電力為工、商業與民生之基本需求，我國業者如能取得先機，投資發電廠，未來應具無限發展之潛力。

圖 4、史瓦帝尼的電力現況、年用電量及平均負載



圖 5、史瓦帝尼電力系統各種發電方式的裝置容量及 2017 年用電狀況



圖 6、史瓦帝尼煤礦蘊藏量極為豐富，預計共有 10 億 1,700 萬公噸

(一)、史瓦帝尼的煤礦資源

史國目前開採的是 Maloma 礦區(如圖 7 所示)，屬南非的公司。煤質是二疊紀的煤層，經火成岩體侵入烘烤，揮發部分已去除，煤質優良，呈無煙煤或半無煙煤品質產出。煤田區經一系列斷層切穿，導致煤礦開採易碰到斷層而中斷。

Maloma 煤礦以西，屬於地盾，是超過 28 億年的地層，那時地球上沒有植物，因此這區域不會存在煤礦。

二疊紀以東屬兩個地層，分別是三疊紀跟侏羅紀，這些地層是火成碎屑岩組成，不是一般的沈積岩，應該不存在煤礦(如圖 8 所示)。

目前 Maloma 礦區年產 14 萬噸(與可查到的資料所敘述的 50 萬公噸有很大落差)，就算這些煤全部自己燒，南非煤熱值約 6250(如圖 9 所示)，燃煤機組容量因數 90%計算，300MW 機組年用煤量為 90 萬噸，14 萬噸煤只能燒 56 天。

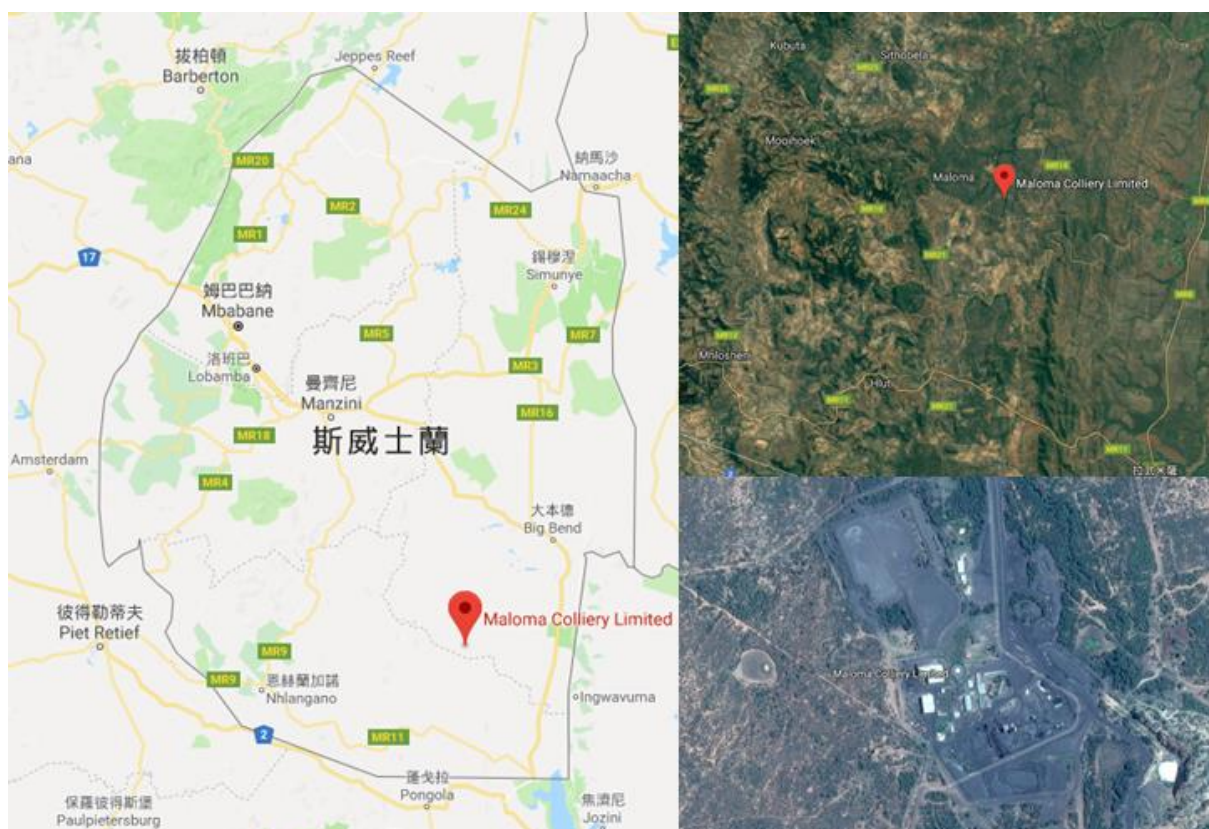


圖 7、史國產煤礦的 Maloma Colliery LTD 所在位置

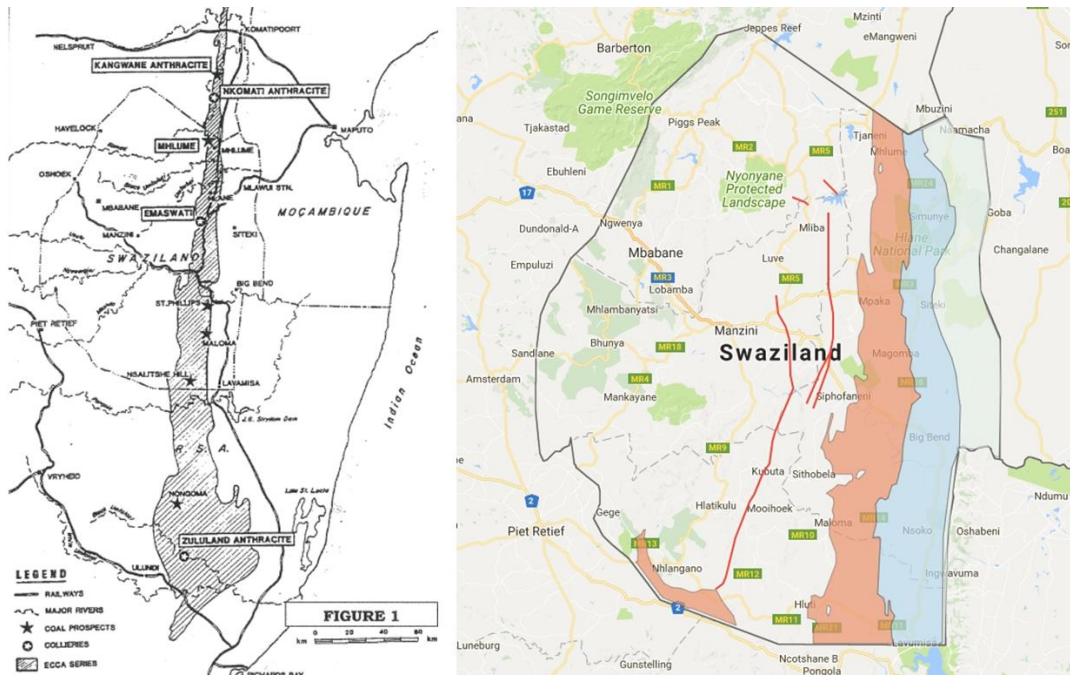


圖 8、史國的煤礦脈在東部從北延伸到南部，是二疊紀的煤層

試驗項目	Test Item	測試值		測試方法
		MALOMA-DUFF 17-17-08	MALOMA-PEAS 17-07-18	
氮 (%，乾基)	Nitrogen (wt%,db)	1.42	1.34	ASTM D5373-16
碳 (%，乾基)	Carbon (wt%,db)	85.47	80.53	ASTM D5373-16
氫 (%，乾基)	Hydrogen (wt%,db)	2.42	2.44	ASTM D5373-16
總硫分 (%，乾基)	Total Sulfur (wt%,db)	0.70	0.91	ISO 19579:2006(E)
灰分 (%，乾基)	Ash (wt%,db)	10.24	12.90	ISO 1171:2010(E)
總熱值 (MJ/kg，風乾基)	Gross Heating Value (MJ/kg,ad)	30.58	29.33	ISO 1928:2009(E)
灰分 (%，風乾基)	Ash (wt%,ad)	9.97	12.57	ISO 1171:2010(E)
內含水分 (%，風乾基)	Inherent Moisture (wt%,ad)	2.61	2.58	ISO 11722:2013(E)
揮發分 (%，風乾基)	Volatile matter (wt%,ad)	4.55	5.06	ISO 562:2010(E)
固定碳 (%，風乾基)	Fixed Carbon (wt%,ad)	82.87	79.79	ISO 17246:2010(E)
總硫分 (%，風乾基)	Total Sulfur (wt%,ad)	0.68	0.89	ISO 19579:2006(E)
易磨性指數 (HGI)	Hardgrove-Grindability Index (HGI)	32	33	ISO 5074:2015(E)
總水分 (%，到達基)	Total Moisture (wt%,ar)	6.06	3.34	ISO 589:2008(E)
總熱值 (MJ/kg，到達基)	Gross Heating Value (MJ/kg,ar)	29.49	29.10	ISO 1928:2009(E)
灰中氧化鈉 (%，Na ₂ O)	Sodium oxide in Ash (wt%)	1.76	1.59	ASTM D6349-13
灰中氧化鈣 (%，CaO)	Calcium oxide in Ash (wt%)	3.57	2.79	ASTM D6349-13
灰中氧化鐵 (%，Fe ₂ O ₃)	Iron(III) oxide in Ash (wt%)	3.95	4.83	ASTM D6349-13
灰中氧化鎂 (%，MgO)	Magnesium oxide in Ash (wt%)	1.48	1.25	ASTM D6349-13
煤中磷含量 (%，乾基)	Phosphor in coal (wt%,db)	0.005	0.005	ASTM D6349-13
灰融點	初變形溫度 (IT,℃)	1205	1125	ASTM D1857-17a
	軟化溫度 (ST,℃)	1385	>1500	ASTM D1857-17a
	半球化溫度 (HT,℃)	1405	>1500	ASTM D1857-17a
	熔流溫度 (FT,℃)	1470	>1500	ASTM D1857-17a

圖 9、史國所產煤的成分分析

(二)、燃煤火力電廠興建與運維

目前國內有台塑重工具有生產製造小型燃煤機組的能力，單機裝置容量在 150 MW 左右，在印尼、菲律賓及越南等國家有許多興建的案例(如圖 10 所示)。

台塑重工生產的燃煤機組，若位處於海邊，可採用海水冷卻冷凝器的設計，它的成本 1 kW 約 30,000 至 60,000 NT\$(如圖 11 所示)。但史國處於內陸，須採取空氣冷卻的 Cooling Tower 設計，這部分勢必影響它的建造成本。

史國燃煤電廠(300MW)的建置，將會採取 IPP 模式。但業者興建燃煤電廠，必須考慮它對環境的衝擊(如圖 12 所示)。譬如露天煤場的汙染、底灰及飛灰的處理、水處理對策、燃氣排放的要求及衍生的空氣汙染等。環境政策改變將增加成本，在設計之初都需要先考量，避免後續影響運轉。

火力電廠使用壽命可以達到四十年，運維技術與人力是它穩定運轉的重要關鍵(如圖 13 所示)。由值班運轉人員、機器操作技術員、機械及電氣設備維修員、大修專業團隊、非破壞檢測及振動分析人員，許許多多的專業技術人員將因為火力電廠的設立而需要建置與訓練。若是史國火力發電機組限縮在一至兩部機組，以此小規模卻必須建置完整運維團隊，成本上將不符合效益。因此，史國必須思考是否與隔鄰南非或是莫三鼻克的修護團隊合作，以降低它的人事成本，也才能落實技術生根。



台塑企業於世界各地所興建的小型燃煤發電機組

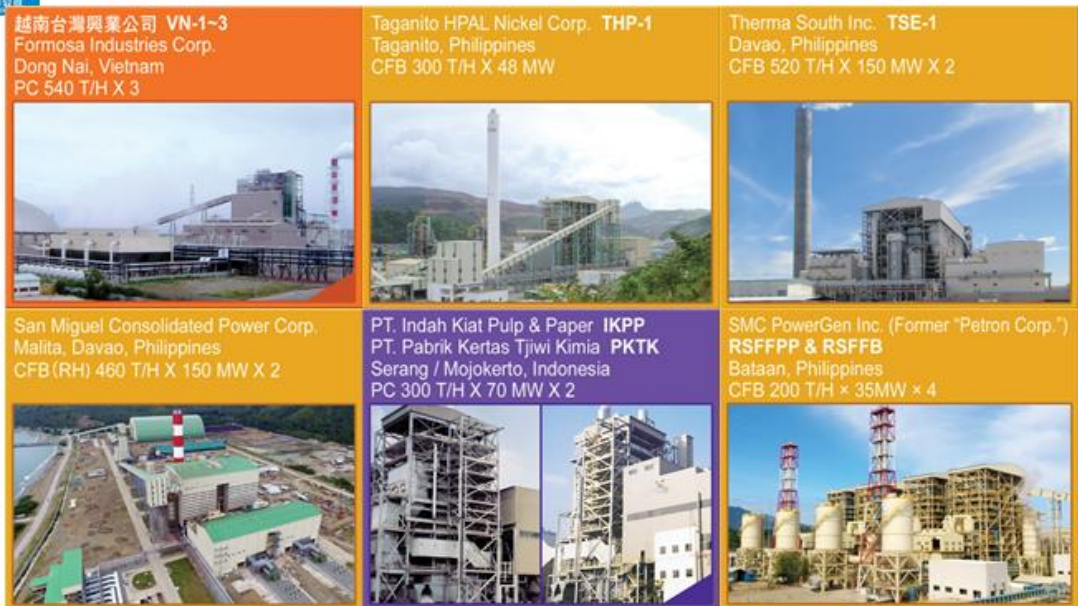


圖 10、台塑企業於東南亞各國所興建的小型燃煤發電機組

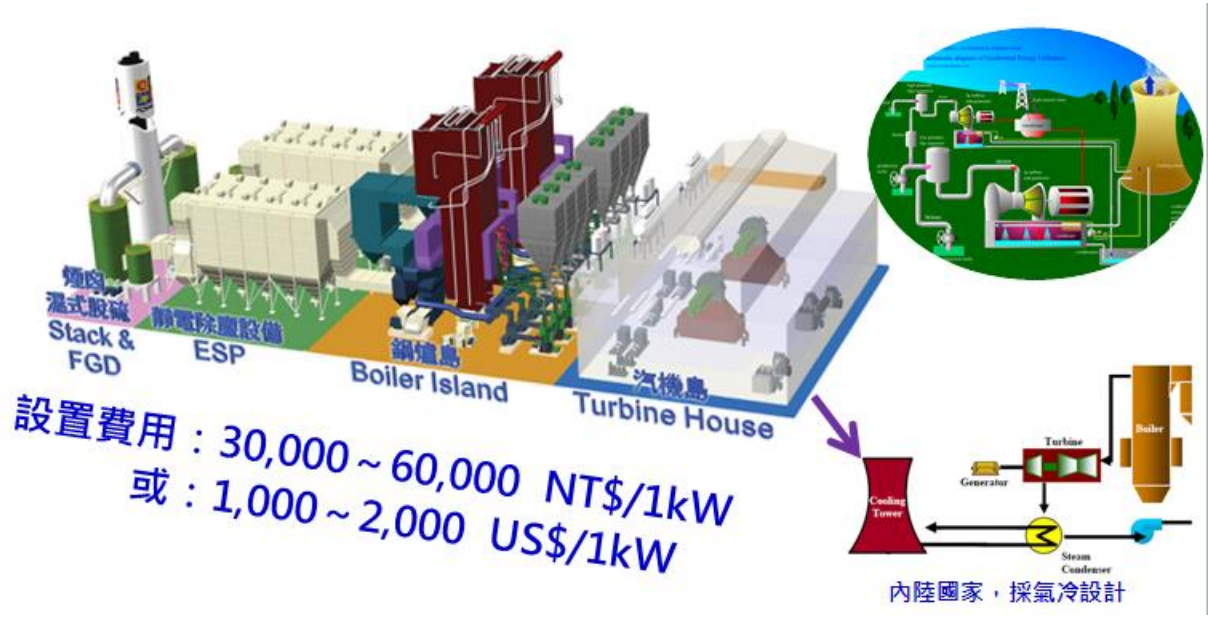


圖 11、內陸國家小型燃煤發電機組的設計與概略成本



圖 12、興建燃煤電廠必須考慮燃煤發電的環保要求及它對環境的衝擊

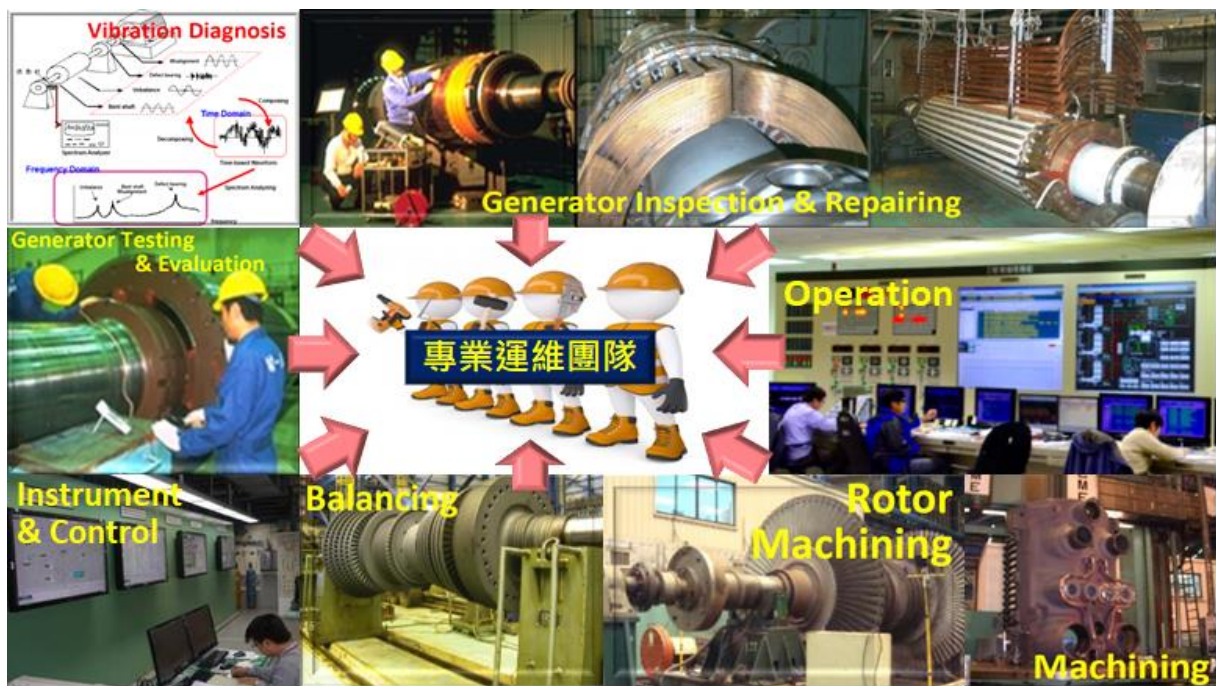


圖 13、建立燃煤火力發電機組運維與修護的專業團隊

(三)、協助太陽光電場的興建與監造

再生能源是可降低碳排放的綠色能源，發展再生能源是世界潮流。台電對於光電廠興建、運轉及維護已有多年經驗和技術。我國目前正興建 100M 光電廠 1 座。針對史國正著手興建大型光電廠，台電有能力提供所需的技術及經驗。台灣的陽光條件和史國相似。

目前史國電力公司正在進行 10MW 光電場 EPC 的招標作業。史國缺乏光電方面的專業人才，因此史國提出太陽能電廠招標規範與技術規格初步確認的需求，協助審理標案及後續工程施工時的查驗。

運作初期由台電支援光電方面的技術人才，協助審查 EPC 規範，同時評估輸電線路與設備，分析光電建置對系統的衝擊。

待 EPC 標案決標後，台電協助審標的人員則轉為第三方(Third party)的監工與查驗人員，以確保光電場的施工品質

圖 14、15 是台電建置台南永安及七股光電的相關資料。永安光電場的裝置容量為 4.6 MWp，七股光電場的裝置容量則為 1.8 MWp。永安光電場興建於 2009 年，成本為 139,864 NT\$/kWp，而最近剛完成的七股光電場，成本為 55,565 NT\$/kWp，降低了一半以上。

由於太陽光電是極不穩定的電能，必須藉由儲能系統的安裝，搭配能源管理系統，針對瞬間電能變動進行平滑化處理；也將白天的電能儲存起來應用到其他時段，此謂之削峰填谷(如圖 16 所示)。

此外，太陽光電產生的電能不適合長途輸送，否則線路損失將會過度消耗電能。宜就近針對負載區進行供電，不足電能再由外界送入。發展區域微電網是發展太陽光電必須重視的策略(如圖 17 所示)。

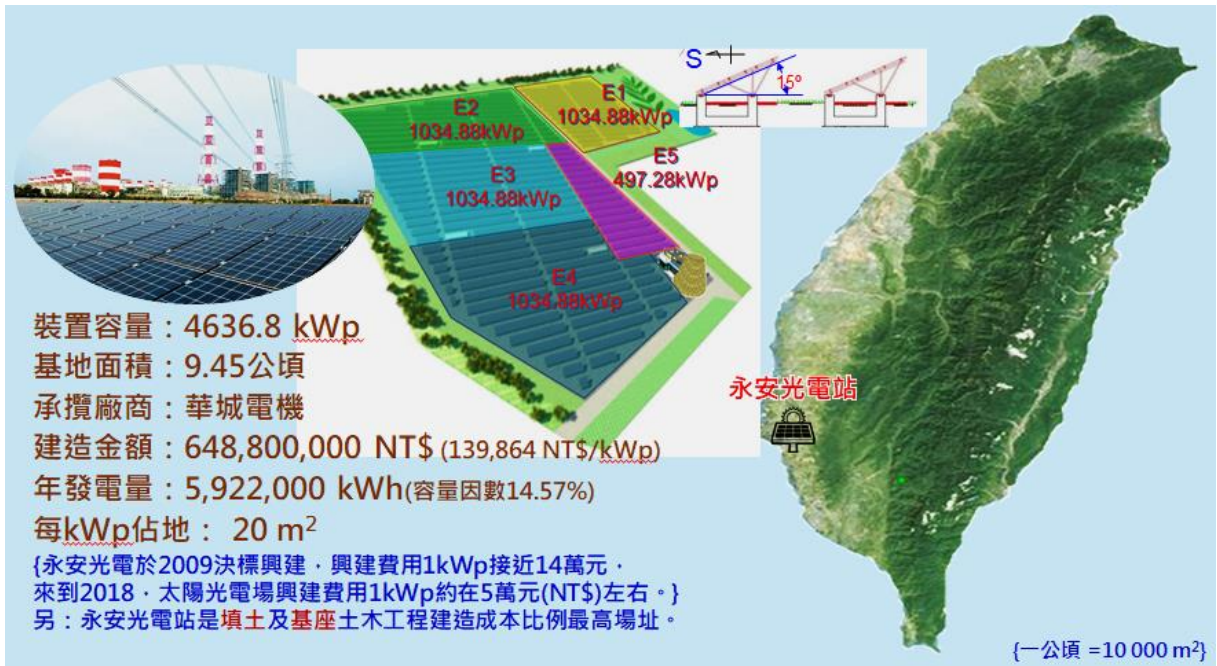


圖 14、光電場興建：以永安光電站為例介紹

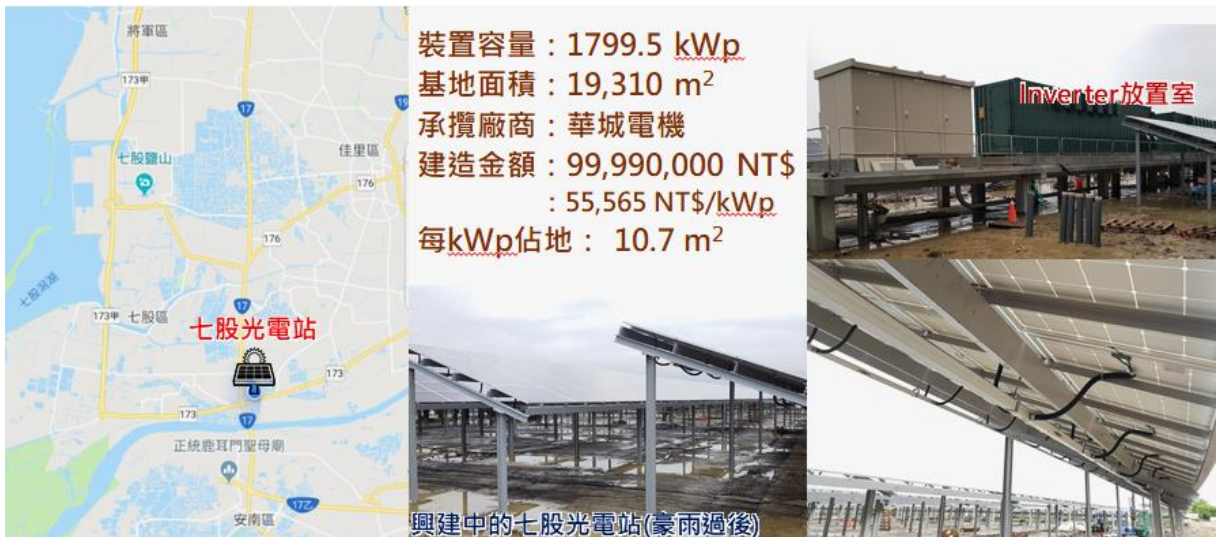


圖 15、光電場興建：以台南七股光電站為例介紹

儲能系統功能：

- 一、瞬間電能變動的填補弭平 (平滑化)
- 二、長時間電能變動的平緩 (削峰填谷)

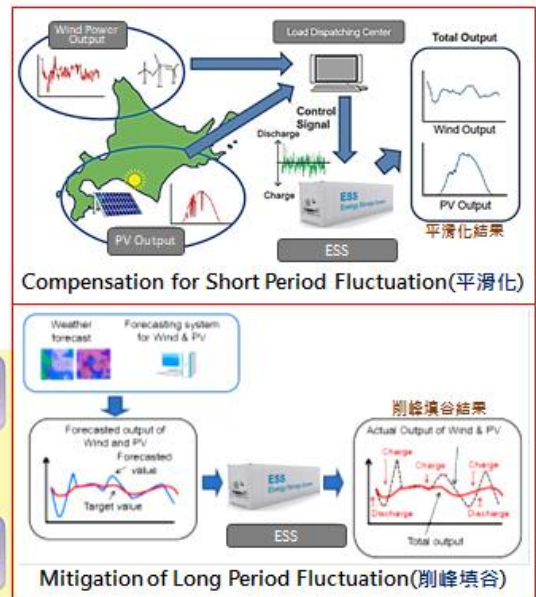
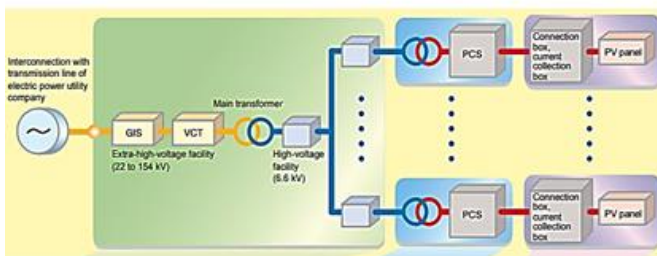


圖 16、儲能系統(內含充電電池與 PCS)所扮演的重要功能

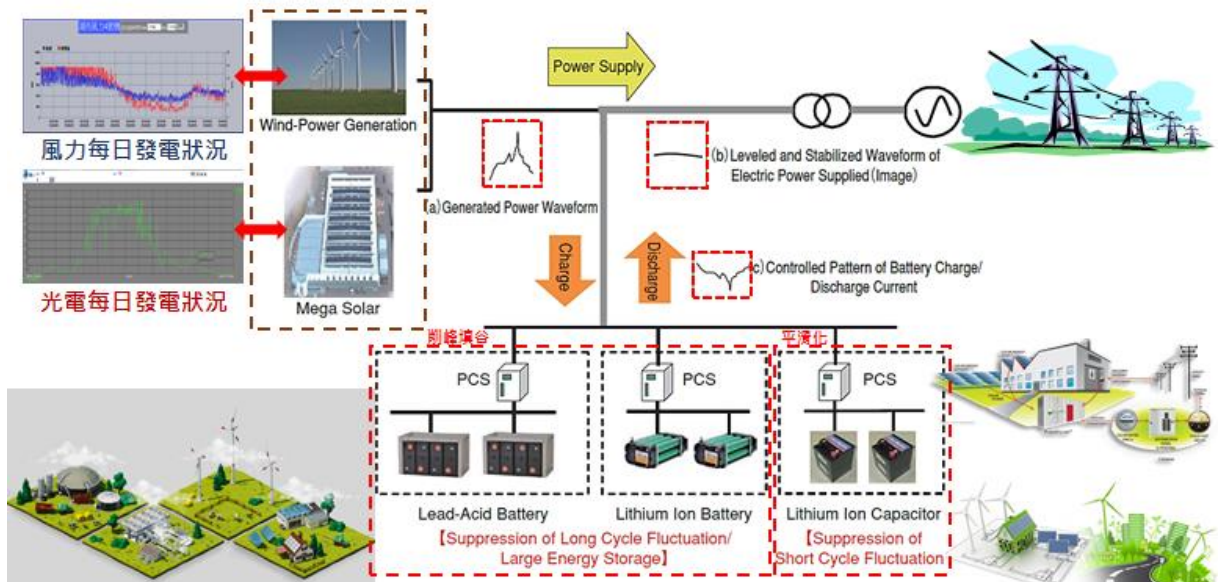


圖 17、微電網也需要將儲能與 PCS 納入考量

(四)、協助史國評估風能

史國曾委託研究單位在五個位置進行風況量測，量測高度是 10 m、20 m 與 30 m，而 30 m 的平均風速約 3.3~5.7 m/s。依此數據，外推 50 m 的平均風速可達 4.1~6.6 m/s。測得最大風速的位址是在位於 Lubombo 高原區的 Siteki(如圖 18 所示)，因此建議應在此位址實際測 50 m 高的風況。

依照測得的風況，使用 600 kW 的標準低風速風機，每年約可產出 800 MWh 至 1000 MWh 的電能，若增大致 1 MW 的標準低風速風機，每年約可產出 1400 MWh 的電能；依此算得風機整年發電的容量因數約在 16%。

因此，在史國發展風力發電，必須取得很好的售電價格，才有投資的價值。史國屬內陸國，無颱風、鹽害，降低建置成本也是一項重要考量。

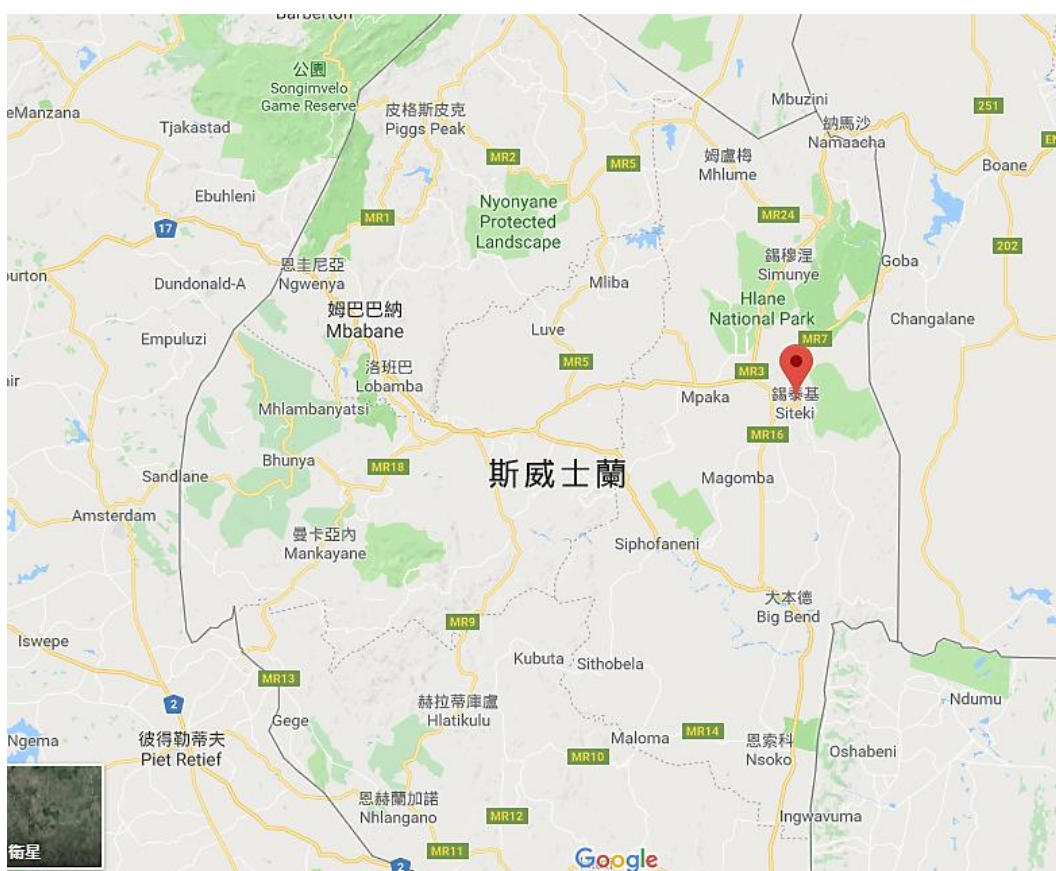


圖 18、位於 Lubombo 高原區的 Siteki 測得最大風速

三、能力建置

史國目前只有一所大學，理工方面只提供理學院方面的課程，如果想要進修工程方面的知識，必須到南非。因此史國希望台灣能提供技職技術訓練與大學專業訓練兩項。目前台電只能提供短、中、常期的技術訓練與實習(如圖 19 所示)。

技術訓練，主要協助史國電力公司人員在設計、安裝、運轉與維護方面能力的提升，以改善及增強發電與電網的技術能力。再生能源方面，著重系統設計、運轉維護，以增加再生能源發電量。電力系統方面，提升管理能力，強化系統穩定。台電的訓練中心可針對不同程度的學員，依照客戶需求提供以下訓練(如圖 20 所示)：

(一) 初級訓練 Initial training

1. 新進員工訓練

Training program for newly-recruited workers

2. 新進技術專業人員訓練

(二) 在職專業訓練 On-the-job training

1. 技術管理者專業訓練

Training program for supervisors

2. 管理人才專業訓練

Training program for management development

3. 專業技能訓練

Training program for professional skills

4. 專業證照訓練

Training program for professional certification

(三) 客製化訓練 Custom-tailored training

依照客戶需求提供專業訓練

Training courses based on Eswatini' s specific needs.



圖 19、協助史國訓練水火力電廠及光電廠運維核心技術人才



圖 20、台電的訓練中心可針對不同程度的學員依照客戶需求提供訓練

四、結語

史方希望台電能協助史國發展電力，著重在發電廠興建(包括火力、水力及太陽光電等)與技術人員的訓練方面，台電在電力建設上，已經累積了深厚的技術能力，必定可以協助史國發展電力並訓練其技術人才。以下四點，是未來雙方合作時，須注意的地方：

1. 史國目前電力嚴重不足，利用風能與光能發展再生能源電力，須注意再生能源的不穩定性及與對電網的衝擊，應協助史方在初期建置時即須注意，避免日後亡羊補牢。
2. 發展風力發電，首先須掌握設置點的全年度風況及天災等。選定最適當風機，並達到最佳發電容量因數。
3. 史國煤礦蘊藏與開採狀況，必須徹底掌握。發展燃煤發電，煤礦資源必須掌握，否則後續影響穩定發電。培育優秀的火力發電運維人才也是重點之一。
4. 專業人才培育，史國應列為優先。人才包括各種的發電、供電與配電。優秀人才是電力系統穩定的關鍵。

附錄一：史國來訪簡報資料



AREAS OF COOPERATION IN THE ENERGY SECTOR

圖 1

CONTENT

1. COUNTRY OVERVIEW
2. INSTITUTIONAL AND REGULATORY FRAMEWORK
3. ELECTRICITY SUPPLY SITUATION AND IPP PARTICIPATION
4. ONGOING PROJECTS TO PROMOTE DEVELOPMENT OF IPPs
5. ELECTRICITY ACCESS
6. POSSIBLE AREAS OF COOPERATION

圖 2

COUNTRY OVERVIEW

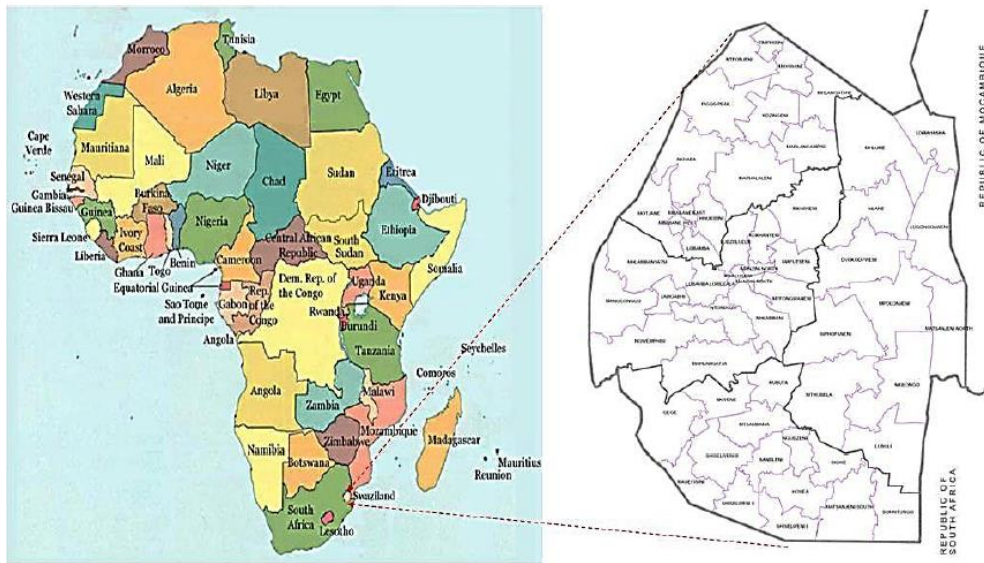


圖 3

COUNTRY OVERVIEW - Statistics

- **GEOGRAPHY**
 - Area: 17,363 km²
 - Landlocked (RSA and Mozambique)

- **POPULATION:** 1.13 million (2016)
 - Urban: 23%
 - Rural: 77 %

- **ELCTRICITY ACCESS**
 - The Kingdom of Eswatini is committed to ensure **universal (100%) access to electricity by the year 2022.**
 - **National Electricity Access: 78%** (31st March 2018)
 - **Urban: Above 85%**
 - **Rural: Above 65%**

圖 4

INSTITUTIONAL AND REGULATORY FRAMEWORK

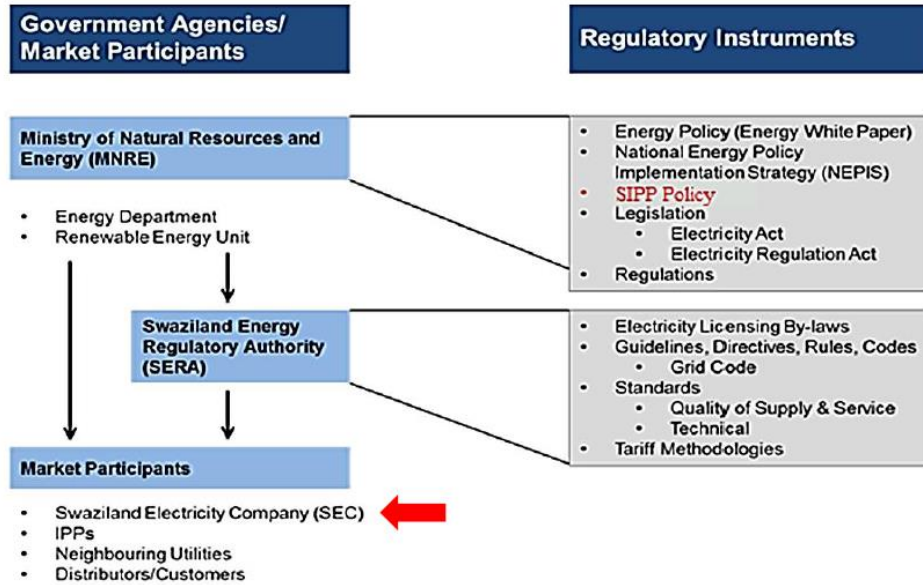
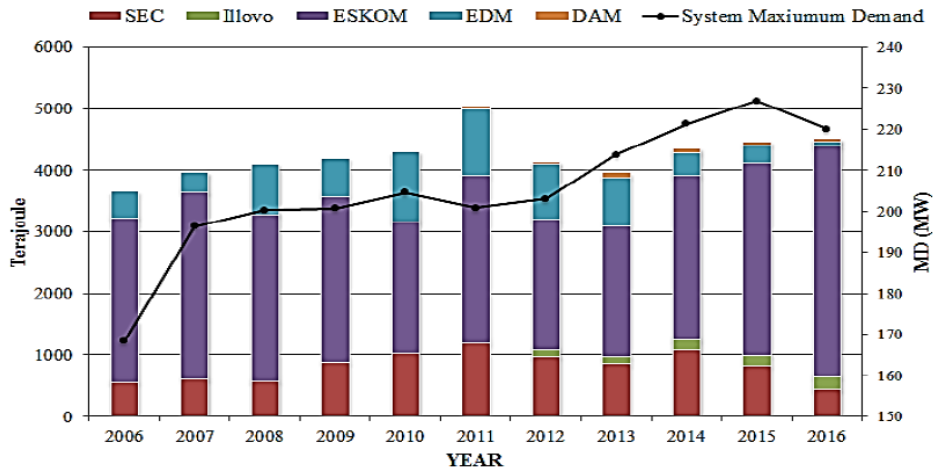


Figure 5

ELECTRICITY SUPPLY SITUATION



- **Maximum Power Demand is 230 MW**
- Eswatini imports about **80%** of electricity requirements.
- High dependency on import power exposes the country to energy supply risks (supply and price shocks)

Figure 6

Electricity Consumption by Sectors

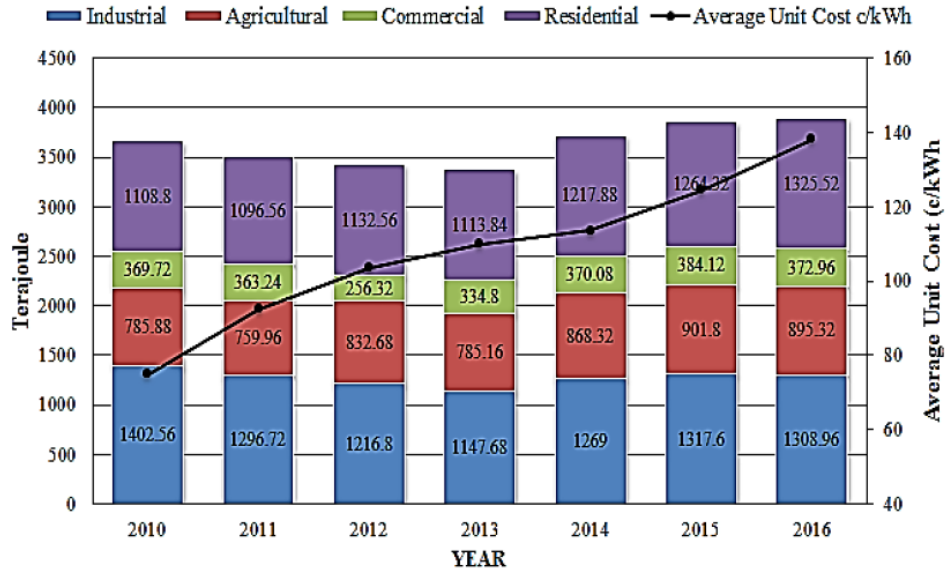


Figure 7

IPP PARTICIPATION IN THE ELECTRICITY SECTOR

- The country is well-endowed with energy resources such as **coal**, **solar**; **hydro**; **wind**; and **biomass** residues from the sugar and forestry industry.
- Preliminary Studies have indicated the potential to be around:
 - **1000 MW for Hydropower**,
 - **1010 MW for Solar**
 - **1285 MW for Wind energy**
 - **160 MW for Biomass**
 - **300 MW for Coal**
- Prevailing policy and legislative environment advocates for **IPP** Participation in the sector.
- IPP Policy supports the development of utility scale and small scale embedded generation
- An opportunity exists to develop new generation capacity using **RE** and an **coal resources** to meet the country's electricity needs.

Figure 8

ONGOING PROJECTS TO PROMOTE DEVELOPMENT OF IPPs

- The Kingdom of Eswatini is currently developing an **Energy Master Plan**
 - **Purpose** : aims at establishing a quantitative base for planning the **development of new power generation projects** by assessing the **energy demand** up to **2035** and taking into consideration the **least cost options**.
 - **Time Horizon** : **2018 – 2035**
- The Energy Master Plan has stemmed a **Short-Term Generation Plan (SGEP)**
 - **Time Horizon** : **5 year (2018-2023)**
 - **Purpose** : serves as a framework to **facilitate competitive tendering for renewable energy projects** that can yield quick results within the five year period and **these include solar and biomass**.

☐ 9

OPPORTUNITIES FOR COOPERATION IN THE ENERGY SECTOR

1. **Renewable** Energy Development
2. Improved capacity and institutional development in **Renewable energy and Energy efficiency** –
3. Support **IPP** generation from **Biomass** Sector
4. **Coal** based electricity generation
5. Manufacturing/Assembling of **Renewable Energy and Energy efficient** equipment

☐ 10

Renewable Energy Development

- **On-grid tied electricity generation**
 - Technical evaluation of the electricity grid to inject utility scale RE, especially those with intermittent resources
 - Construction of grid tied RE systems
 - Studies for suitable pricing mechanisms.
- **Off-grid electrification and mini grids to electrify extremely remote areas and street lighting.**
 - Construction of pilot projects to better understand the technical performance
- **Embedded Generation**
 - Investigate pricing mechanism , including the possibility of net metering, taking into consideration the economic size of the country and the impact thereof
- **Quantifying renewable energy resources**
 - ✓ solar irradiation map
 - ✓ measurement of bankable wind data
 - ✓ Resource specific feasibility studies

圖 11

Skills Development and Capacity Building

- Capacity building in design, installation, operation and maintenance of renewable energy systems to improve local skills to respond to the increasing RE uptake within the energy sector
- Capacity building in implementation of energy management systems in all electricity demand areas.
- Cooperation of local institutions with Taiwanese Universities in pursuit of research and development agenda in RE and EE.

圖 12

Manufacturing/Assembling of RE&EE equipment

- High Importation of RE and EE equipment has a negative impact on the deployment of such technologies due to **high import costs**.
- **Local manufacture/assembly** of renewable energy and EE equipment for local consumption can enhance the deployment of RE and EE technologies in the country.
 - ✓ **Local Manufacture** can stimulate the economy thus leading to **job creation**.
- A potential for exports of RE and EE equipment to neighboring countries in the region exists

13

Support IPP generation from Biomass Sector

- **Biomass** as a resource has potential to contribute to the base load supply

Independent Power Producer	Total Capacity (MW)
1. Montigny Usutu - Timber	33
2. Nhlangano - Timber	10
3 – 5 Sugar Mills	100+
6. Piggs Peak - Timber	15
Total	158

- There is a need to establish a suitable financing mechanism that will ensure economic viability of biomass based power projects into the energy mix
- Support on Subsidy mechanisms for biomass project

14

COAL BASED ELECTRICITY GENERATION

- There is a potential to develop a **coal power plant** to provide base load power for Eswatini and further export to the region.
- Prospecting has been done for **300MW coal power plant**.
- SEC will issue a request for proposal to conduct the Feasibility study for both **coal power plant station** and the **mining aspect**.
- **ROC** welcome to participate in the **bidding** process, provision of plant and equipment

附錄二：能礦產業團訪問期間史方所提太陽光電發展計畫

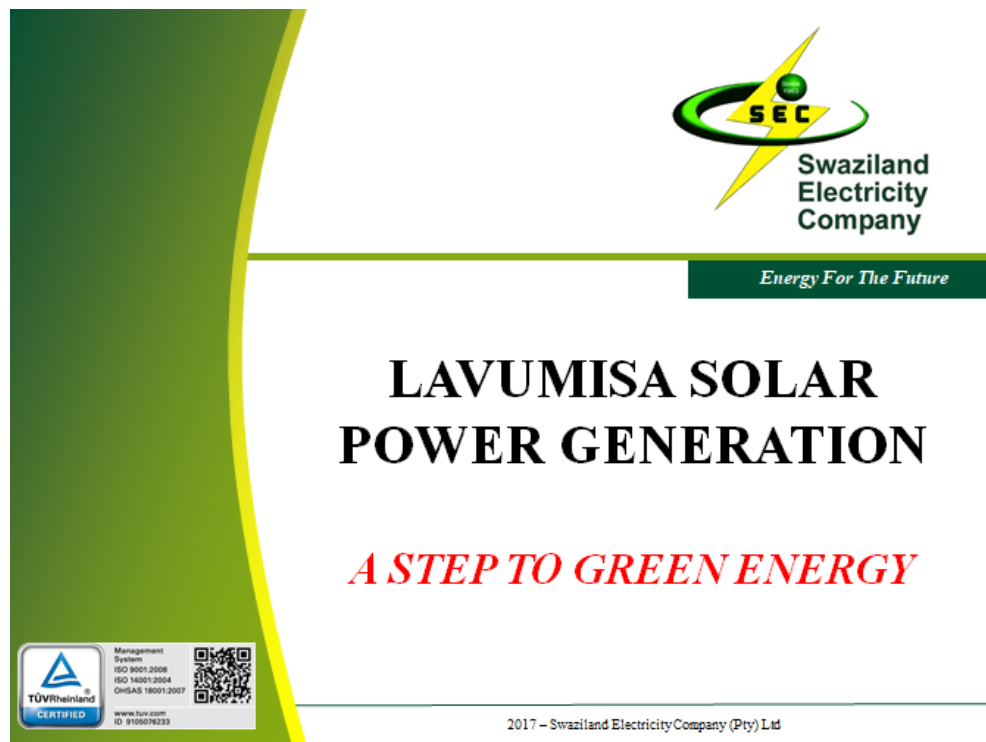


圖 1

Presentation Outline

- Swaziland ESI Overview
- Generation expansion Outlook
- Other Future Projects



圖 2

Swaziland ESI Overview

ESI Structure in Swaziland

- The SEC is a wholly owned government company that is vertically integrated whose mandate is to generate, transmit and distribute electrical energy in Swaziland
- The Electricity Act was enacted in 2007 paving the way for the deregulation of the ESI in Swaziland (Generation)
- IPPs demonstrate a huge appetite to participate in the electricity generation space

Demand and Supply

- Only 60MW of the current MD of 231MW is produce by SEC
- SEC's internal generation capacity is 60.1MW, mainly hydro, for *peak lopping*
- The balance is sourced from Eskom, local IPP and DAM



Energy For The Future

圖 3

Swaziland ESI Overview

Generation and Imports Summary

Year	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Local Generation (GWh)	118.9*	123.3*	231	302.3	239.8	272.3	333.4
Imported Power (GWh)	1046	1077.1	978	860	821.9	813.4	805.5
Maximum Demand (MW)	232	220	226.8	221.2	213.7	203	200.8

* Effects of draught caused by El Niño

Consumption by Customer Category

Year	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Industrial (GWh)	336.3	363.3	366	352.5	318.8	338	360.2
Agricultural (GWh)	230.1	248.7	250.5	241.2	218.1	231.3	211.1
Commercial (GWh)	108.2	103.6	106.7	102.8	93	71.2	100.9
Domestic (GWh)	383.8	368.2	351.2	338.3	309.4	314.6	304.6
Total Units Sold (GWh)	1058.4	1083.8	1074.4	1034.6	939.3	955.1	976.8
Units Sent Out (GWh)	1217.2	1256	1255.4	1205.2	1108.6	1129.8	1138.1
System Losses (%)	14.2	13.7	14.4	14.2	15.2	15.5	14.2



Energy For The Future

圖 4

Swaziland ESI Overview

Short Term Load Forecast

YEARS	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Demand (MW)	213	216	218.4	220.8	223.3	225.8	228.2	230.8	233.3	235.9	238.5

Customer Base

Year	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Domestic (000)	167.1	149.7	137.3	122.3	109.7	99.4	88.5
Non-Domestic (000)	15.4	14.4	13.3	12.5	11.4	10.2	11.1
Total (000)	182.5	164.1	150.6	134.8	121.1	109.6	99.6

- ❖ Household Electricity access in Swaziland is currently at 60% driven mainly by rural electrification, which is a government policy initiative
- ❖ There is great need to grow the existing 10% of non-domestic customer base to 20% since they contribute 80% of electricity revenue

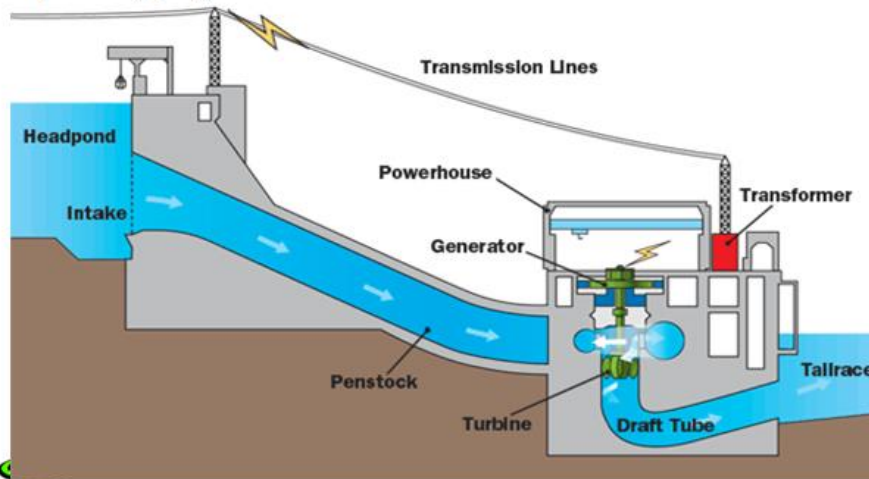


Energy For The Future

圖 5

Existing Power Plants

- SEC's internal generation capacity is 60.1MW, mainly hydro, for *peak lopping*



Energy For The Future

圖 6

Generation Expansion Outlook

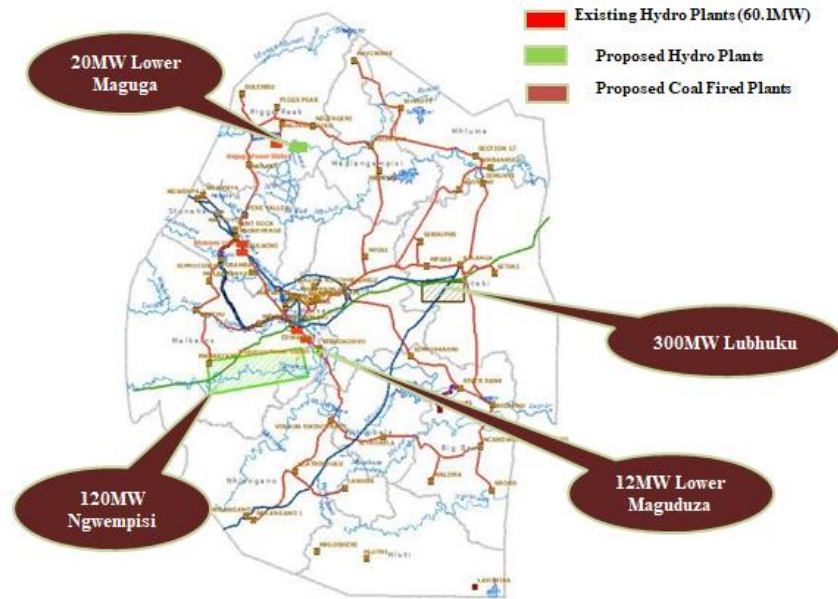


圖 7

Generation Expansion Outlook

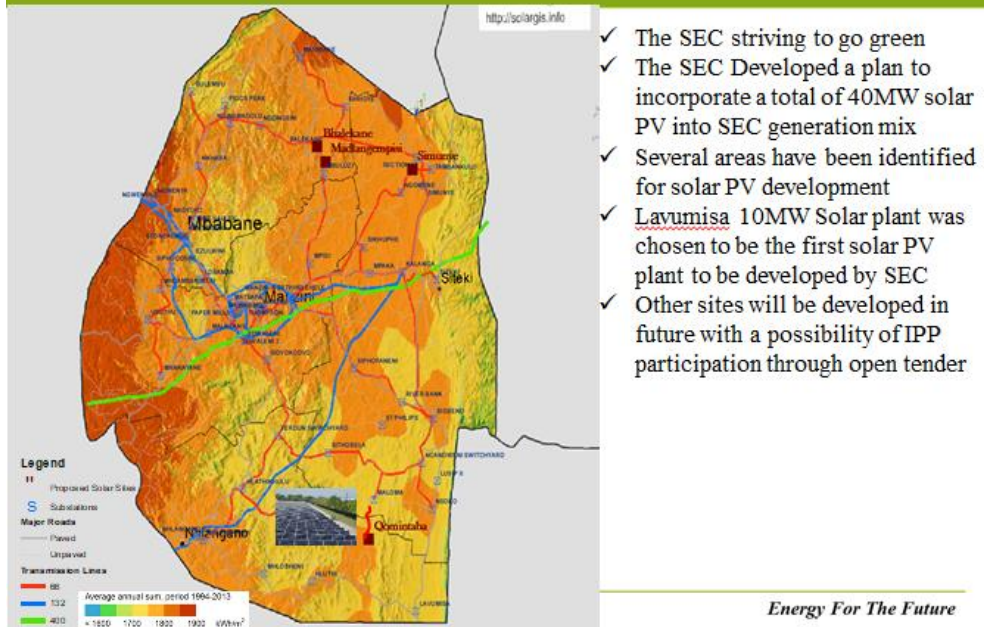


圖 8

Other Solar PV Sites

Project Name	Project Drive	Plant Size (MW)	Location	Planned Development Stage	Year of Completion
Lavumisa	SEC	5 -10	Qomintaba	ESIA/Finance Mobilisation/EPC	2018
<u>Simunye</u>	IPP	10	Ngomane	Land Acquisition/Feasibility Study/EPC	2019
Balegane/ Sihhoye	IPP	20	Balegane/ Sihhoye	Land Acquisition /Feasibility Study/EPC	2019



Energy For The Future

9

Other Future Generation Projects

ITEM	PROJECT DESCRIPTION	CAPACITY OUTPUT (MW)	SEC/IPP	COST ESTIMATE (Million)	TECHNOLOGY	COMMENTS
1	Ngwempisi Feasibility Study	100 - 140	<u>GoS/SEC</u>	E20	Hydro	SEC to source finance for a full feasibility study
2	Lower Maguduza Hydro Electric Scheme (LMHES)	12	IPP	E750	Hydro	AIIM-OMIGSWA is the IPP. Working toward financial close
3	Lower <u>Maguga</u>	15	GoS/SEC	E15	Hydro	SEC to source finance for a feasibility study



Energy For The Future

10

附錄三：台、史雙方未來合作項目與對口單位

KINGDOM OF ESWATINI AND REPUBLIC OF CHINA – TAIWAN ECONOMIC
COOPERATION AGREEMENT
ELECTRICITY AND RENEWABLE ENERGY WORKPLAN

Task Code	Task Name	Deadline	Responsible Party
1.0	Define the Framework and Areas of Cooperation	August/2018	Taiwan/MNRE
2.0	Capacity Building		
2.1	Define the Framework for Capacity Building	September/2018	
	Wind and Solar Mapping		TAIWAN/MNRE
	Development of Solar Power Plant		TAIWAN/MNRE
	Energy Management Systems		TAIWAN/MNRE
	Ease of Doing Business		TAIWAN/MNRE
	Collaboration on Research on Sustainable Energy Solutions		TAIWAN/MNRE
2.2	Feedback Workshop	September/2018	
2.3	Identification of Key Institutions and Candidates for Training	September/2018	TAIWAN/MNRE
2.4	Implementation of training and capacity building	October/2020	
3.0	Technical Cooperation		
	Define requirements on the Areas of Cooperation for each Project	October/2018	MNRE
	Submission of Projects for Approval by Taiwan through MOFA	November/2018	MNRE/MOFA
	Approval by MOFA (Taiwan)	December/2018	Taiwan
3.1.1	Generation Projects		EEC/TPC/MNRE
3.2.1	Lavumisa Solar PV		
	Validation of the Design and Specification	February/2019	

圖 1

Task Code	Task Name	Deadline	Responsible Party
	Technical Assistance on Quality Assurance	Duration of Project	
	Construction of Solar Plan	December/2019	
3.2.2	Lubhuku Coal Thermal Power		EEC/TPC/MNRE
	Completion of feasibility study by Eswatini Electricity Company	April/2019	
	Engage with Taipower on validation of feasibility study	June/2019	
	Project Specification and Design	December/2019	
3.2.3	Ngwempisi Hydro Power		EEC/TPC/MNRE
	Completion of pre-feasibility study and review of results	September/2018	
	Conducting full feasibility study	September/2019	
3.2.4	Mini Grids for Rural Electrification with storage	September/2019	MNRE/EEC/TAIWAN
	Share information on un-electrified sites	August/2018	
	Site selection and evaluation	September/2018	
	Project design and costing	February/2019	
	Implementation	December/2019	
3.2.5	Natural Gas		
	Operationalise IGMOU with Republic of Mozambique	August/2018	MNRE/SEC
	Obtain gas specifics: location, volume etc		
	Engage Studies: exploration, pipeline, partnerships		
	Market development		
4.0	Local Manufacturing/Assembling of RE and EE Equipment	September/2018	MNRE/SIPA
	Share information on global Markets		

Task Code	Task Name	Deadline	Responsible Party
	Assessment of viability of setting up the plants + Feedback		
	Feedback discussions and agreement on way forward		

圖 2

附錄四：台、史雙方未來合作期程表

<i>Timelines for Electricity and Renewable</i>				2018					2019											
Task Code	Task Name	Respon. Party	Deadline	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
1	Define the Framework and Areas of Cooperation	Taiwan/MNRE	Aug-18	█																
2	Capacity Building																			
2.1	Define the Framework for Capacity Building		Sep-18		█															
	Wind and Solar Mapping	TAIWAN/MNRE			█															
	Development of Solar Power Plant	TAIWAN/MNRE			█															
	Energy Management Systems	TAIWAN/MNRE			█															
	Ease of Doing Business	TAIWAN/MNRE			█															
	Collaboration on Research on Sustainable Energy Solutions	TAIWAN/MNRE			█															
2.2	Feedback Workshop		Sep-18		█															
2.3	Identification of Key Institutions and Candidates for Training	TAIWAN/MNRE	Sep-18		█															
2.4	Implementation of training and capacity building		Oct-20		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
3	Technical Cooperation																			
	Define requirements on the Areas of Cooperation for each Project	MNRE	Oct-18			█														
	Submission of Projects for Approval by Taiwan through MOFA	MNRE/MOFA	Nov-18			█														
	Approval by MOFA (Taiwan)	Taiwan	Dec-18					█												
	Generation Projects	EEO/TPC/MNRE																		
3.1.1	Lavumisa Solar PV																			
	Validation of the Design and Specification		Feb-19							█										
	Technical Assistance on Quality Assurance		Duration of Project							█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Construction of Solar Plant		Dec-19							█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

圖 1

3.2.2	Lubhuku Coal Thermal Power	EEO/TPC/MNRE																		
	Completion of feasibility study by Eswatini Electricity Company		Apr-19									█								
	Engage with Taipower on validation of feasibility study		Jun-19																	
	Project Specification and Design		Dec-19																	
3.2.3	Ngwempisi Hydro Power	EEO/TPC/MNRE																		
	Completion of pre-feasibility study and review of results		Sep-18		█															
	Conducting full feasibility study		Sep-19																	
3.2.4	Mini Grids for Rural Electrification with storage	MNRE/EEO/TAIWAN	Sep-19																	
	Share information on un-electrified sites	EEO/MNRE	Aug-18	█																
	Site selection and evaluation	EEO/MNRE/ROC	Sep-18		█															
	Project design and costing	EEO/MNRE/ROC	Feb-19							█										
	Commence Implementation if feasible	EEO/MNRE/ROC	Dec-19																	
3.2.5	Natural Gas																			
	Operationalise IGMOU with Republic of Mozambique	MNRE/EEO	Aug-18	█																
	Obtain gas specifics: location, volume etc	MNRE/EEO	1-Dec	█	█	█	█	█												
	Engage Studies: exploration, pipeline, partnerships	MNRE/EEO/ROC	Dec-19																	
	Market development	MNRE/EEO/ROC	Dec-19																	
4	Local Manufacturing/Assembling of RE and BE Equipment	MNRE/SIPA/ROC	Sep-18		█															
	Share information on global Markets	ROC	Sep-18		█															
	Assessment of viability of setting up the plants + Feedback		Apr-19										█							
	Feedback discussions and agreement on way forward		Jun-19											█						

圖 2