

出國報告（出國類別：實習）

太陽光電(PV)發電新技術資料蒐集及 設計、施工運用維護等技術實習

（裝訂線）

服務機關： 台灣電力公司

姓名職稱： 簡奉順課長、
高淑娟工程師

派赴國家： 德國

出國期間： 98.7.19~98.7.30

報告日期： 98.9.30

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：太陽光電(PV)發電新技術資料蒐集及設計、施工運用維護等
技術實習

頁數 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

簡奉順/台灣電力公司/營建處/課長/(02)23668511

高淑娟/台灣電力公司/營建處/工程師/(02)23666932

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：98 年 7 月 19 日至 98 年 7 月 30 日

出國地區：德國

報告日期：98 年 9 月 30 日

分類號/目

關鍵詞：PV (photovoltaic)

內容摘要：(二百至三百字)

西門子醫療科技大樓(MED building) 810KWp PV 電廠，位於醫療科技大樓(MED)廠房屋頂，2007 啟用，使用自家研發的主從式架構 Inverter，採用 SUN POWER WHT 225Wp 雙電極在背面型的模組，共 3600 片，效率高達 18%，PR 值可達 0.9。

Muehlhausen 的 6.3MWp PV 電廠，位於 Muehlhausen 的山凹地，此電廠於 2004 年底啟用，原為 PowerLight 所有，目前被美國人買去，現場無人看管，設有保全系統，不能擅自入內參觀，採用 5 組西門子主從架構

Sinvert1000 Inverter，2組 Sinvert 300，全區分東西兩區配置電氣室，最後經由地下管線，併聯到附近 22KV 輸電系統。

Munich trade center 2.1 MWp PV 電廠，位於 Munich trade center 展覽館弧形屋頂上，1995 年 8 月由西門子公司先建了 1MWp，並於 1997 年 11 月啟用，2002 年其它公司再加蓋了 1.1MWp，所以目前已經是 2.1 MWp 的 PV 電廠，每年每 1 MWp 約可生產一百萬度電，相當於 2.74KWh/KWp_day。

Pocking SolarPark 10 MWp PV 電廠，位於 Munich 西南約 50Km 的小鎮附近，使用模組為 Sharp 代工的 ShellSolar 產品，有單晶 185Wp 與多晶 162Wp 兩種，共 57912 片，2005 年啟建 2006 年啟用，每 KWp 單位發電量為 3KWh_day，造價約 4000€/kWp。

弗萊堡的綠色能源主要為風力、高效率汽電共生設備(廢木材回收 80%)、太陽能、生質能等，弗萊堡之所以成為綠能之都，歸功於全體市民有珍惜能源的共識配合。

目 錄

	頁次
壹、出國緣由.....	1
貳、出國行程.....	2
參、研習心得.....	3
一、醫療科技大樓(MED building) 810KW PV 電廠.....	3
二、Muehlhausen 6.3MW PV 電廠.....	13
三、Munich trade center 2.1MW PV 電廠.....	17
四、Pocking SolarPark 10MW PV 電廠.....	22
五、Freiburg 太陽光電.....	27
肆、結論與建議.....	37

壹、出國緣由

本次出國任務目的在瞭解國外各種太陽光電技術之發展現況與未來趨勢，作為持續推動規劃設置太陽光電系統之參考依據，且有助於提升本公司未來於再生能源開發能力。

本公司為配合政府政策以及積極開發本土再生能源，除水力發電、風力發電外，也開始推動太陽光電發電系統的建置，因太陽光電發電系統包括矽晶型、薄膜型、聚光型等型式，如何選擇適合的型式，來搭配不同環境、地形、氣候、建物之場址，藉由本次派員至國外先進國家太陽光電設備廠家實習及蒐集相關資訊，吸收其先進技術及各型式優點，以提供本公司日後於不同場址時選取與應用各型式太陽光電系統，以提升本公司的系統整合能力，達成最佳成效。

本處負責執行太陽光電發電之再生能源計畫，辦理工作包含有太陽光電發電系統之規劃設計、技術規範擬定、招標作業及詳細設計之審查等多項工作，而目前 PV 系統之整體發電轉換效率仍差(約為 9%~17%)，其受設計規劃影響發電轉換效率，如模組之選用、配置以及電力調節器之運轉方式，均對 PV 系統之效能比(PR)有重大影響，而大容量太陽光電發電場址佔地廣大，且不易覓得，故如何在此有限的土地場址規劃設計以提升 PV 系統較佳之發電效益實為重要課題，亟需蒐集相關技術規範與設計資料作為編擬契約規範之參考。

本次出國台電公司人員共計 2 位，應用 98 年度出國計畫第 29 號，獲電人字第 09807006221 號函核准在案（出國核定書 EE98060）。

貳、出國行程

本次出國期間自 98 年 7 月 19 日至 98 年 7 月 30 日止，共計 12 天。其行程如下表（表 2-1）：

時間	地點	工作概要
98 年 7 月 19 日 7 月 20 日	桃園國際機場 法蘭克福	往程 (台北 — 法蘭克福)
98 年 7 月 21 日 7 月 22 日	法蘭克福	參訪西門子 MED building 810KWp PV 電廠
98 年 7 月 24 日 7 月 26 日	慕尼黑	參訪 Muehlhausen 6.3MWp PV 電廠、Munich trade center 2.1 MWp PV 電廠、Pocking SolarPark 10 MWp PV 電廠
98 年 7 月 27 日	弗萊堡(Freiburg)	參訪綠能工廠 Solar Fabrik、追日式旋轉建築、太陽能住宅區等
98 年 7 月 28 日	法蘭克福	Review Meeting
98 年 7 月 29 日 7 月 30 日	法蘭克福 桃園國際機場	返程 (法蘭克福 — 台北)

參、研習心得

一、醫療科技大樓(MED building) 810KW PV 電廠

(一)電廠介紹

西門子公司在其醫療器材部門屋頂安裝了由 Sun power 公司所提供之 3600 片，每片容量 225Wp 單晶模組(mono crystalline modules)，該模組之轉換效率超過 18%，在該醫療 X 光系統製造工場屋頂總共裝設 810kWp 之太陽光電發電系統，該太陽光電系統之電力調節器(inverter)以及其他直流分接線箱交流變配電設備等均由西門子公司自行設計製造提供，預期每年可發電量達 750 MWh。

其中其所採用之 Sun power 公司之 225Wp 之模組，其幾乎為目前業界最高的效率模塊 18.1 %，故其在同一裝置面積時可較一般場規模組提高裝置容量達 1.5 倍，模組之電氣規格及大小如下。

Elektrische Eigenschaften		
Bei Standardtestbedingungen [STC]: Bestrahlungsstärke 1000 W/m ² , AM 1,5 und Modultemperatur 25°C.		
Max. Nennleistung (+/-3%)	Pmax	225 W
Nennspannung	Vmp	41,0 V
Nennstrom	Imp	5,49 A
Leerlaufspannung	Voc	48,5 V
Kurzschlussstrom	Isc	5,87 A
Max. Systemspannung	IEC	1000 V
Temperaturkoeffizienten		
	Leistung	-0,38% /°C
	Spannung (Voc)	-132,5 mV/°C
	Strom (Isc)	3,5 mA/°C
Sicherung bei Reihenschaltung		20 A
Max. Nennleistung pro Flächeneinheit		181 W/m ²

圖3-1 模組電氣規格

(二)設備外觀

模組發電後經由多個直流配電箱(Generator Junction Box)分別彙集後送至電氣設備箱(Container)，再經由一台 INVERTER(SINVERT 850 MS)變換為 AC 三相 230V 50HZ 後再經由昇壓變壓器昇壓後再併入系統。該台 INVERTER(SINVERT 850 MS)係由 2 台 SINVERT 420 以主從(master-slave)方式組成，其主要外觀及設備規格如下：



圖3-2 INVERTER(西門子 SINVERT)設備外觀

Technical data:		
Grid interface	3~ 230/400 V; 50 Hz	
Rated output power (AC)	870 kVA	(at 470 V DC, 30 °C, cos phi = 1)
Rated output current (AC)	1260 A	
MPP voltage range (DC)	450 - 750 V	
Maximum system voltage (DC)	900 V	(no inverter operation)
Rated input power (DC)	930 kW	(at 470 V DC)
Rated input current (DC)	2044 A	
Number of DC inputs	8	
Maximum current per DC input	250 A	
Eta EU	96,2 %	
Eta max	96,5 %	
Power consumption at night	25 W	
Max. current auxiliary power (AC)	8 A (optional)	(per machine)
Number of machines	2	
Dimension (H x W x D)	2002 x 2718 x 834 mm	(per machine)
Weight	2540 kg	(per machine)
Colour	light grey (RAL 7035)	
Temperature range	0 - 50 °C	(up to 1000 m above sea level)
Air consumption	6000 m³/h	(per machine)
Climate rating	EN 60721-3-3 (3K3)	
Degree of protection	IP 20	
Noise level	< 80 dB (A)	(per machine)
EMC - immunity	EN 61000-6-2	
EMC - emission	EN 61000-6-4	
Harmonics	EN 61000-3-4	

圖3-3 INVERTER(西門子 SINVERT)設備規格資料

(三) 電氣設備外箱(內部置放 INVERTER、昇壓變壓器、開關設備以及監控設備)



(四)太陽光電發電量看板(瞬間發電量 391.1kW，累計發電量 418.2MWh)



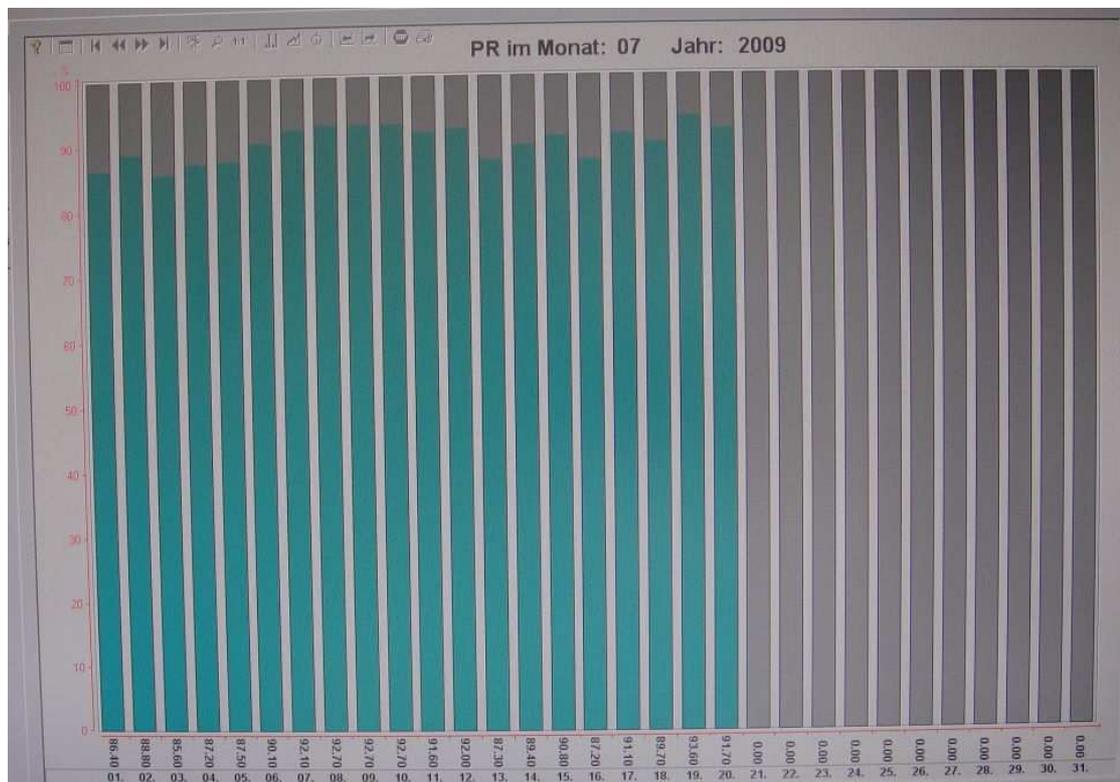
(五)太陽光電模組配置餘屋頂之情形(採正南沿既設屋頂斜面裝設)，共計裝設 3600 片，安裝角度約 28 度，屋頂斜面前緣因遮陰原因未裝設。



(六)太陽光電監視系統(西門子公司所發展之 PV-WinCC)

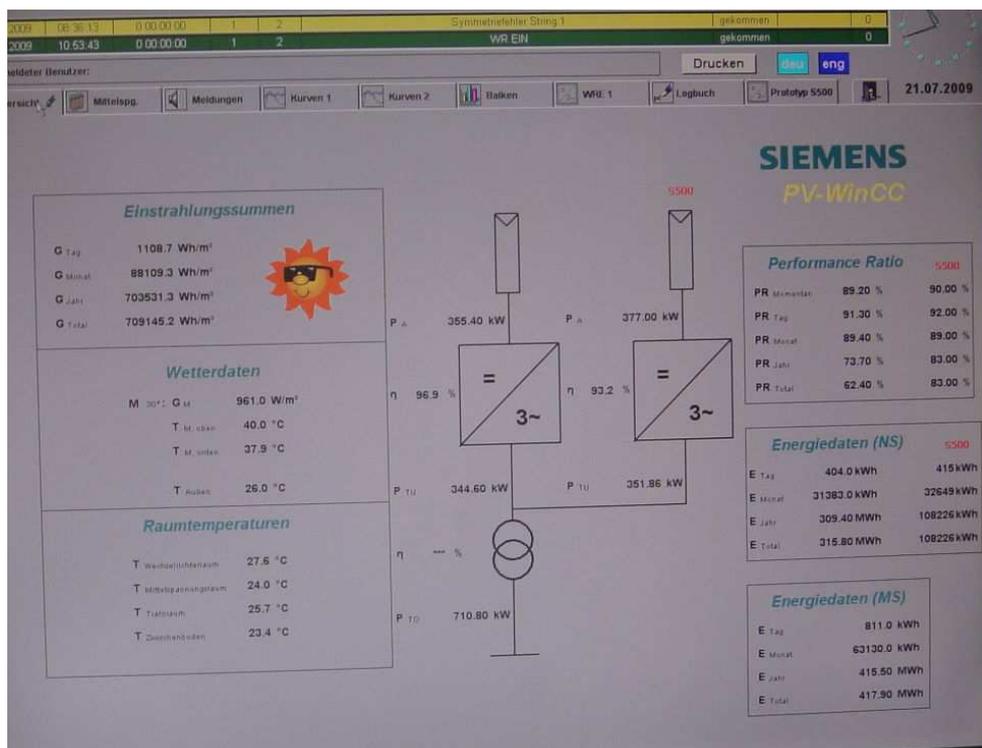


(七)本場址 7 月期間之 PR 值均達 0.85 以上



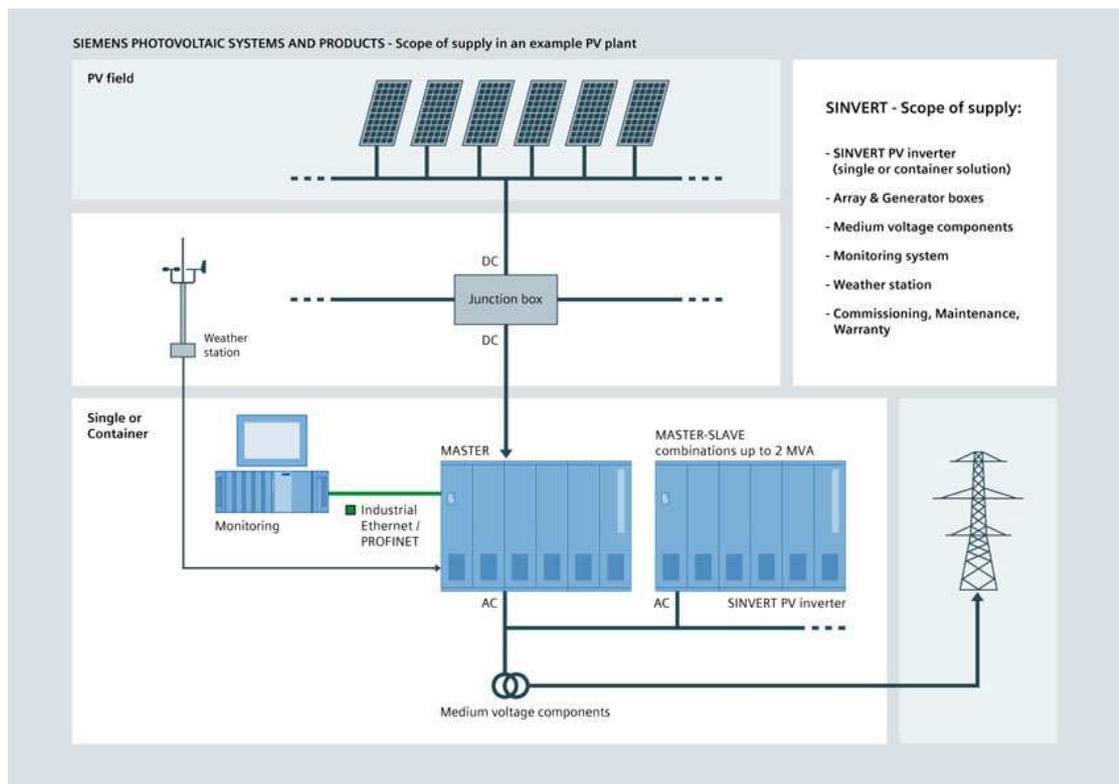
(八)本場址的幾項較大的特色整理如下:

1. 本場址模組為沿屋頂斜面裝設，因考慮遮陰問題故下端並未將模組裝滿，另因其 1~4 月在改接測試另新型動態式 inverter，故期間 PR 值偏低。



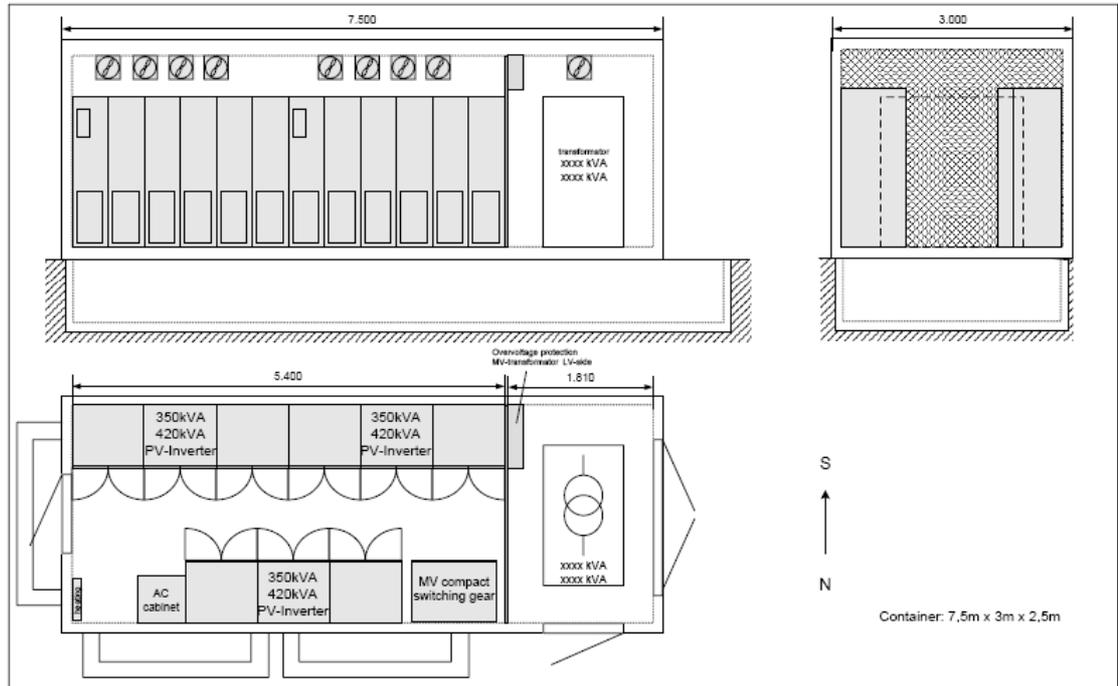
但其在 4 月後將原 8 個直流配電箱(GB)回路均接至 SINVERT 850 MS，改為其中四回路接至 SINVERT 500S，改接後之 5 月至 7 月期間之 PR 值分別為 0.86、0.88、0.89 顯得相當高，但因德國在 5~ 7 月間即使艷陽高照氣溫仍未超過 30°C，例如參觀當天當瞬間照射量 961W/m² 時室外溫度為 26°C，此時模組表面溫度僅為 40°C，此時直流端瞬間發電量為 732.4kW，INVERTER AC 輸出端為 696.46kW，直流發電比約為 0.94，PR 值則為 0.898，本場址太陽光電系統之效率顯得相當高。

2. 本場址除模組係由 Sun power 公司所提供外，其餘設備幾乎西門子公司均有能力自行生產提供(如其電氣設備外箱、直流配電箱(GB)、昇壓變壓器、開關設備、錶計等)，西門子公司也在全世界各地承攬規劃太陽光電廠，並且做為主要之電力調節器之設備供應商。



3. 其中電氣設備外箱係為標準之規格品，其事先將容納各個不同容量 INVERTER 之電氣設備外箱於工廠事先以 RC 方式預鑄，在現場只施行基礎之施工，可有效的縮短期施工時程，且為標準之設計可有效降低成本，因德國全年之平均氣溫較低，本場址其電氣設備外箱之

散熱僅以風扇配合 INVERTER 之啟動將熱空氣抽出外，並未加裝其餘之降溫設備，且其進氣採由電氣設備外箱之下方進氣，詳如下圖。

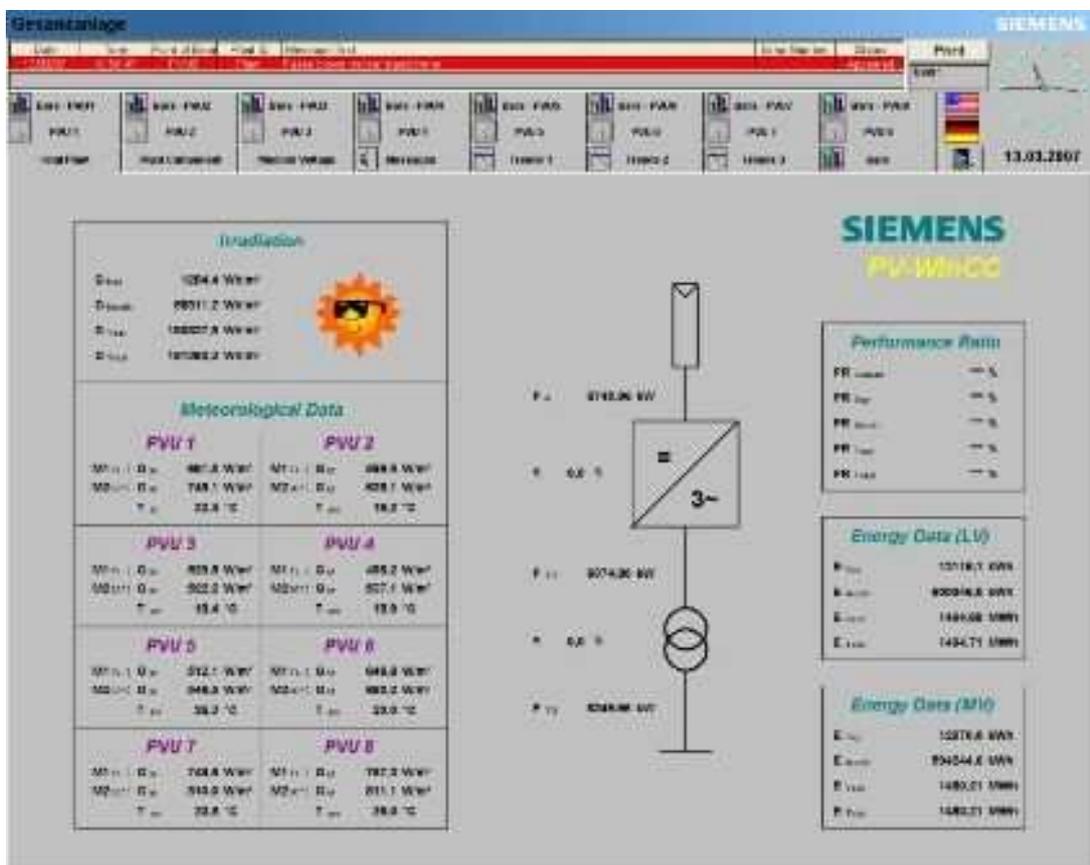


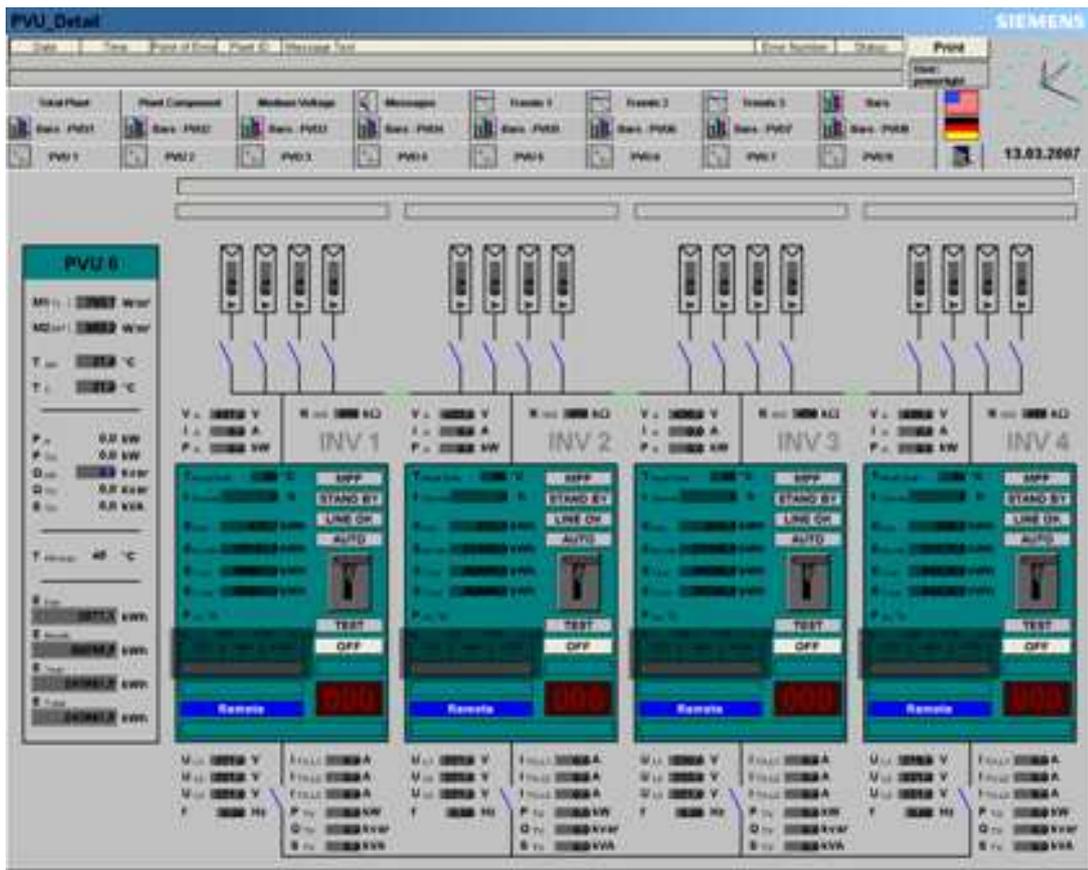
4. 直流配電箱(GB): 直流設備箱之材質為 ABS，但為調節內部所產生之熱氣，其外框係設有兩層，層與層間則透過四個透氣螺絲之構造加以散熱，既可達到避免濕氣入侵並可避免箱內過熱。





5. 西門子公司利用該公司在自動化領域所發展之 WinCC，利用其作為監控太陽光電系統之平台，經由該監控軟體集中管理 PV 電廠發電運轉狀況，以維持最佳發電效益，該 WinCC 可架構在 Windows XP 以及 Windows Vista 平台，介面相當的友善亦於明瞭操作。





本醫療科技大樓(MED building)場址之俯瞰圖

二、Muehlhausen 6.3MW PV 電廠：

(一)電廠簡介

此太陽光電電廠於 2004 年底啟用，原為 PowerLight 所有，目前據 Mr. Bodo 說明本電廠已被美國人買走，現場無人看管設有保全系統，且因之前曾有事故發生，不能擅自入內參觀，本場址電力調節器採用主從架構 5 組 Sinvert1000 Inverter，2 組 Sinvert 300 Inverter，全區分東西兩區配置電氣室，最後經由地下管線，併聯到附近 22KV 輸電系統。



圖 2-1 Solarpark Muehlhausen 俯瞰圖



圖 2-2 Solarpark Muehlhausen 場址一景



圖 2-3 電氣室經由地下管線，併聯到附近 22KV 輸電系統

(二) 氣象設施與避雷設施

場址內設有典型的氣象設施，水平及斜面日照計則各有一個，Solarpark Muhlhausen 電廠旁為一水源保護區有一大湖，Solarpark Muhlhausen 電廠位於山谷較該湖海拔較低處，Mr. Bodo 說明依他的經驗推論，在這種地方設太陽光電電廠，週圍溫度會比在附近斜坡處高 3-5°C，但也由於地勢低有眾山頭及大湖的保護，模組陣列場地並未設有避雷設備保護模組不受雷擊破壞，僅於電氣室屋頂設置避雷針保護電氣設備。



圖 2-4 氣象設施



圖 2-5 日照計



圖 2-6 避雷針



(四)單軸追日

陣列為東西向單軸追日設計，分區用 U 型鋁槽連桿串起來，由定位馬達經由螺桿推動，該 Tracker 係為 SunPower 之 T0 Tracker，可追著太陽調整角度，早上朝東中午朝上下午朝西，約可比固定型的多出約 10%發電量，看來陣列不一定只能朝南，只要記得朝者太陽就好，另外其並依風速計所提供之風速訊息，當風速過高時，則將模組傾斜角度調整為 0 度，以減少模組受風壓之影響，U 型連桿另外

一個功能是作為陣列間的線槽使用，各模組串之導線集中到 DC Box 後，就近引入通往電氣室的地下管線，因此使得整個場址現場配線非常簡潔。



(五) 模組固定方式

陣列由 12*6 Cells 的長方型單晶模組組成，每片容量為 175Wp，陣列寬度受場地限制長短不一，模組固定方式很簡單，只在模組兩邊中間內側，用扣件鎖定在追日軸上，追日軸則由植入的陣列基樁撐住，沒有其它補強措失，這也是拜無強風的天候條件吧！



三、參觀 Munich trade center 2.1 MW PV 電廠

(一)電廠介紹

Munich trade center PV 電廠，1995 年 8 月由西門子公司先建了 1.016MWp，並於 1997 年 11 月啟用，2002 年 Shell Solar 公司再加蓋 1.058 MWp，所以 Munich trade center PV 電廠目前已是約 2.1 MWp 的 PV 電廠，每年每 1 MWp 約可生產一百萬度電，相當於 2.74KWh/KWp_day。



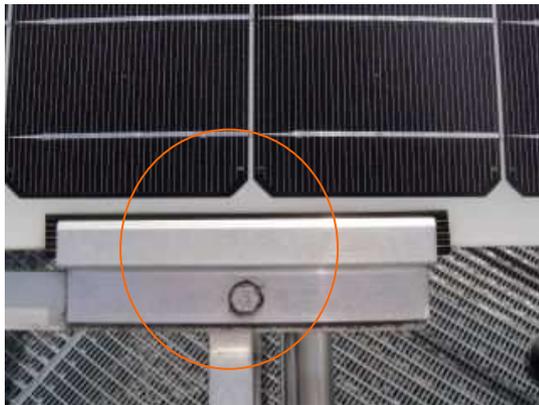


(二) 模組說明及固定方式

本次參觀第一期部分採用西門子 SM 130-L 130Wp 5mm 厚無框單晶模組(第二期部分之模組與第一期規格相當，因西門子之模組部門出售給 Shell Solar)，共計 656,208 片，效率約為 15%，無框可減輕重量及降低成本，當地緯度 46 度模組傾斜角 21 度，上下各兩處由 U 型固定件咬住後，牢牢的鎖定在模組支架上，模組支架則以特有的不鏽鋼固定件夾在圓弧型屋頂鐵皮凹槽邊上，完全不會傷到屋頂，本場址設有展示模組(含固定支架)及展示看板，供參觀者了解設置規模、固定方式以及模組規格。



展示模組

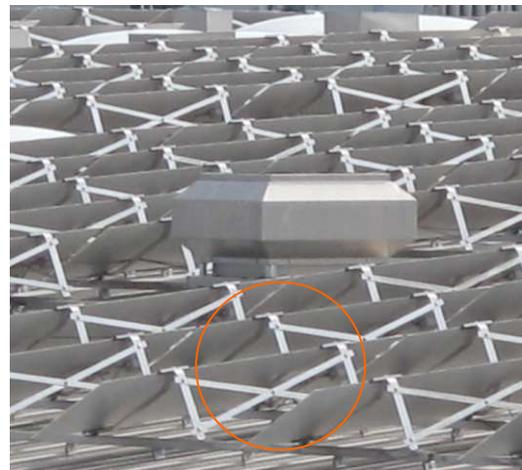


SIEMENS		
Solarmodul M 130 L		
Solar Module		
Technische Daten Technical Data		
Kurzschluss-Strom Short Circuit Current	I_{sc} (A) 6,95	max. Leistung max. Power Output
Nennstrom Operating Current	I_{MPP} (A) 6,35	max. Systemspannung für Schutzklasse II max. System Voltage Class II Equipment
Leerlaufspannung Open Circuit Voltage	U_L (V) 25,30	
Nennspannung Operating Voltage	U_{MPP} (V) 20,40	
Alle technischen Daten unter Standard-Testbedingungen: All technical data at standard test conditions		
	Spektrum: Air Mass	AM = 1,5
	Einstrahlung: Irradiation	E = 1000 W/m ²
	Zelltemper.: Cell Temp.	T _c = 25°C

展示模組及固定方式

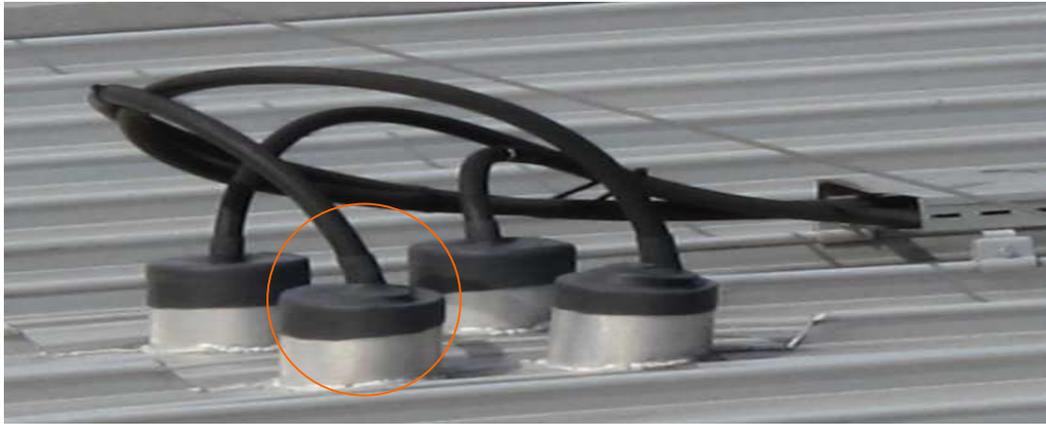
(三) 模組之支架設計

支架與鐵皮屋頂連成一塊，形成一個大的接地面，模組陣列雖然斜立在屋頂上，沒有另設避雷針保護，既設部分之模組支架設計上較新設部分少一斜撐，當然就減少部分的支架費用。



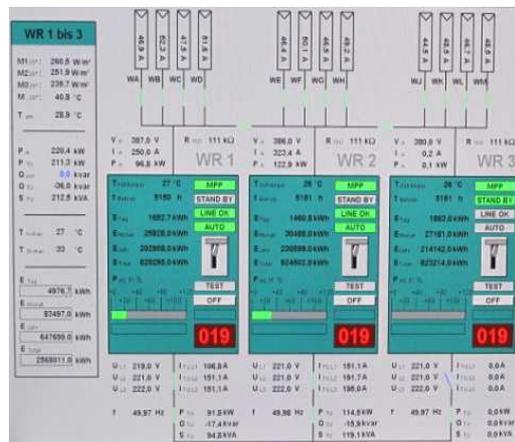
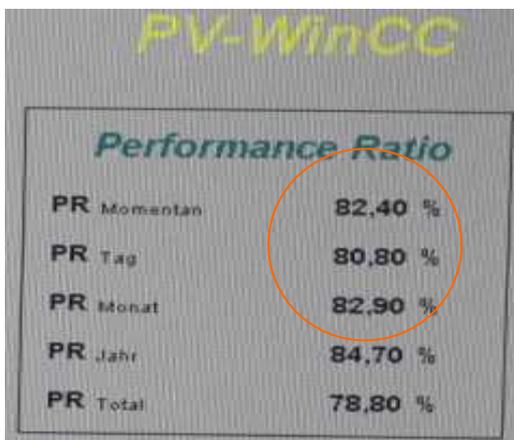
(四) DC 電纜佈置

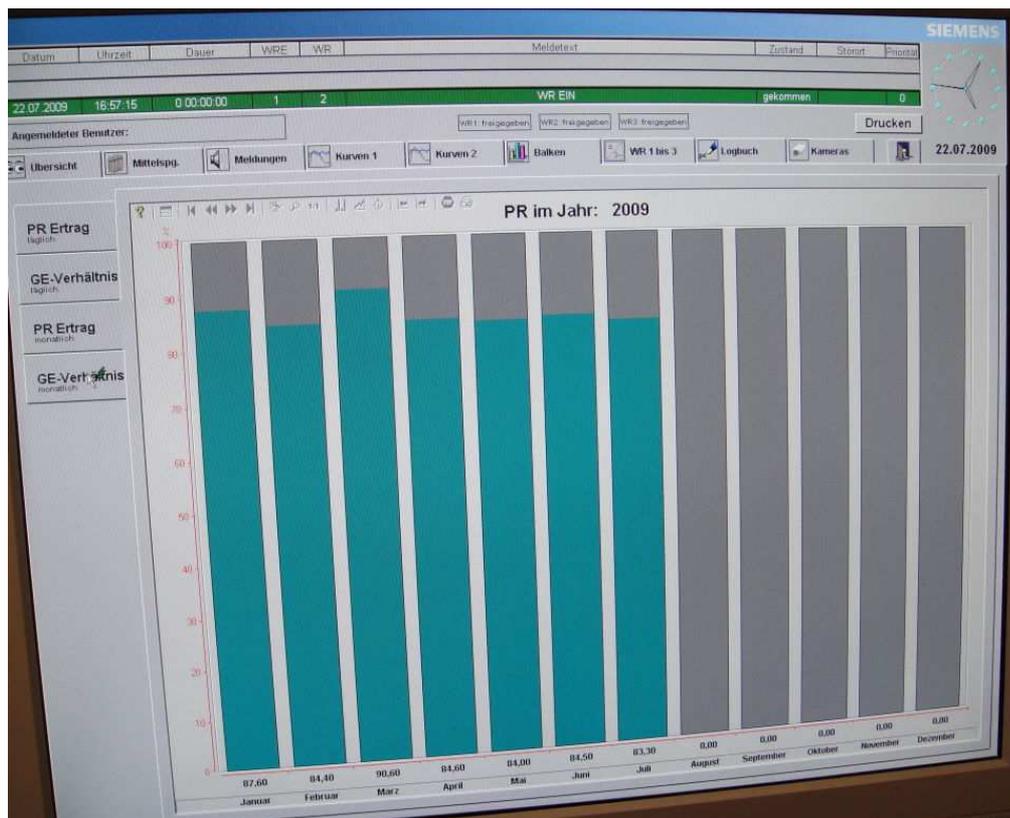
DC 電纜則直接由屋頂銑洞穿入管道間，經過約 600 米的管道，連到在展場地下室的電氣室，慕尼黑展示中心，第一期部份線損約 2.5%第二期部份線損約 1.5%。



(五) 監控軟體

採用主從架構 Inverter Sinvert 700MS 3 台，監控軟體 Win CC 也在旁邊的櫃子上，從監控畫面上看 PR 值瞬時值約為 80%-84%。





另外從上照片可發現本系統 2009 年 1 月至 7 月之 PR 值均在 85% 以上，3 月甚至高達 90，整體而言其效能是相當的高。

在放置 INVERTER、電氣開關及監控設備等之電氣室上方設有通風系統，另外並設有冷卻系統供 INVERTER 工作時散熱之用。

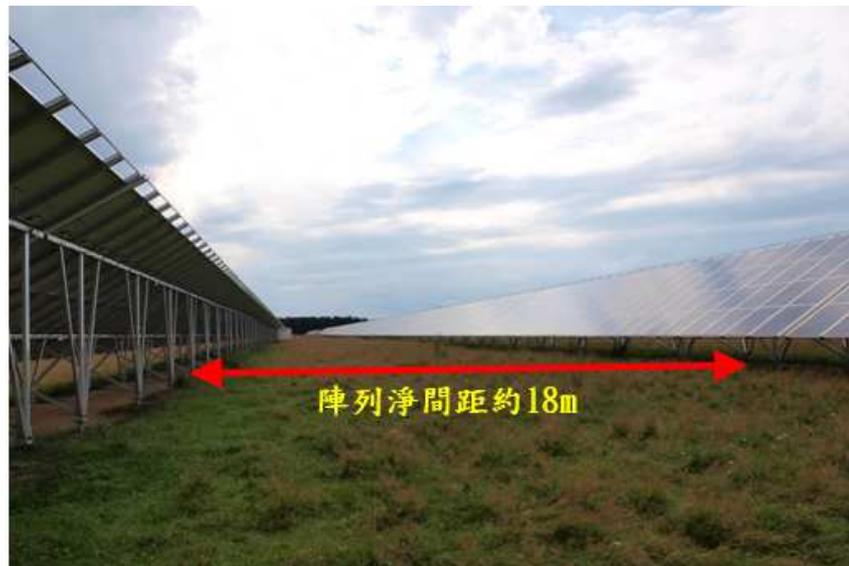


四、參觀 Pocking SolarPark 10 MWp PV 電廠

(一) 模組規格

Pocking SolarPark 10 MWp PV 電廠，SolarParc AG 所有，使用 6 套 Sinvert 1700 系列主從架構 Inverter，模組為 Sharp 代工的 ShellSolar 產品，有單晶 185Wp 與多晶 162Wp 兩種，共 57912 片，2005 年動工，2006 年啟用，造價約 4000 € /kWp，每 kWp 每天的發電量約為 3 度，PR 值為 83%-85%。

陣列斜面由 4 片模組堆砌而成，長約 5.4 米，傾斜角為 28 度，陣列淨間距約為 18 米，這個電廠高大到在地面上無法一眼看盡，為承租場地，保留者原有的牧羊功能，羊群可以自由穿越陣列吃草，所以目前為止沒看到有威脅發電功能的長草。



(二) 支架基座及模組固定方式

支架基座為 1.6 米鋼棒植入基地，建造風速考量 200km/Hr (55m/Sec)，模組由下而上一片一片的嵌入 H 型鋁槽內，下方用鋁條檔住，框背再用自攻螺絲補強固定，這樣的好處是模組與支撐架很結實的結合成一體，比用扣件還可靠，DC 纜線則沿著開放式的鋁支撐架槽溝佈放，簡單扼要一點也不浪費工料。



(三) 支架頂端雙功用

在模組陣列最高處，只要多伸出支架 5-10 公分用 L 型角鋁連結供鳥棲息，也可當避雷天線使用，頂端用裸導線架空串繞一圈，整體支架視為一體每隔 40 米作接地處理即可，接地電阻約為 $0.3-1\Omega$ ，且如此做有另一絕佳好處即鳥類喜歡棲息在最高處，當鳥站在頂端時，鳥糞亦不會落在模組上而產生污損。



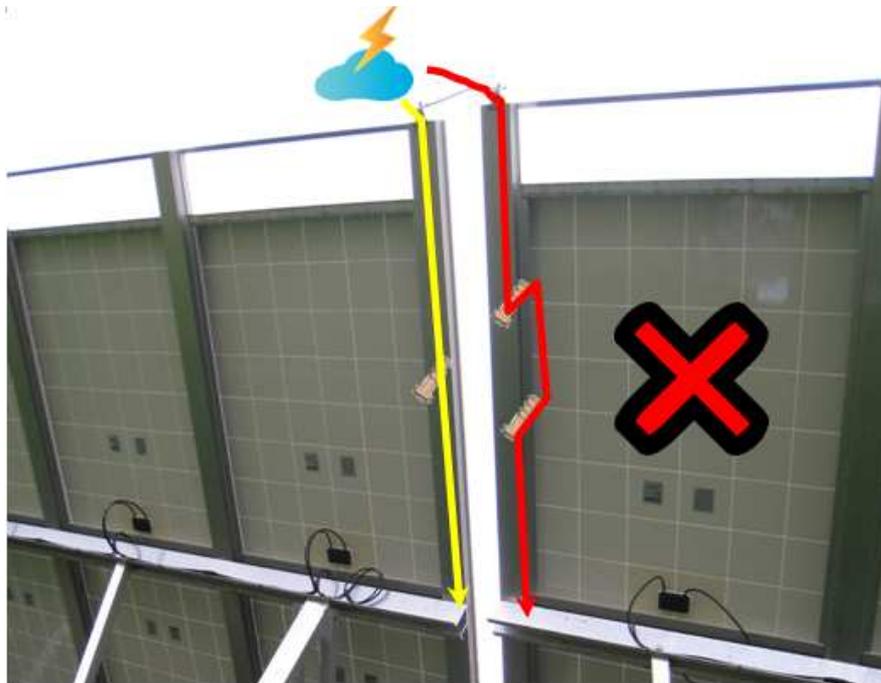
陣列面積大時可能發生的不平整的現象

(四) 避雷注意事項

在現場時 Mr. Bodo 亦指出每片模組單側固定時須注意僅能固鎖一顆螺絲，以免前述伸出支架架設裸導體之避雷方式當被雷擊中時，確保雷擊電流不會通過模組之框架而損及模組。



每片模組單側固定時須注意僅能固鎖一顆螺絲



避免雷擊電流不會產生回路而損及模組

(五) 異質金屬間之絕緣處理

根據西門子的經驗，鋁支架與鍍鋅鋼材基座間需做絕緣連結處理，而固定鋁支架或模組框架用的不鏽鋼螺絲，則可不須絕緣處理。



五、Freiburg 太陽光電

目前不只享有「歐洲太陽能之都」的美譽，也曾被選為「歐洲環境之都」。德國弗萊堡 (Freiburg) 位於德國西南境黑森林的旁邊，屬於巴登符騰堡州 (Baden-Württemberg)，人口大約 20 萬。弗萊堡在 1970 年代為了反對興建核電廠，開始推動太陽能利用，其中建築師 Rolf Disch 的投入帶來重大的影響力。這個城市有著名的太陽能建築、太陽能光電工廠、太陽能社區及太陽能研究機構，有著歐洲太陽能之都 (European Solar Capital) 的美譽。

(一) 弗萊堡中央火車站旁之 Solar Tower



- 模組面積 $190 \times 70 \text{ cm}^2$
- 總共 246 片模組
- 設置面積 $59 \text{ m} \times 5.7 \text{ m}$ 約 327 m^2
- 總共設置 $34,4 \text{ kWp}$
- 1999-08-15 啟用
- 年發電量 24000 kWh
(1.9 kWh/kWp_day)

(二) 弗來堡火車站附近 2KWp PV 地標



(三) 加裝光電板之時尚流行精品店 Kaiser

18m 長玻璃牆加裝 63 塊無框玻璃製成之光電板，裝置容量：
4.1kWp，具有環保科技節能的商店形象。



(四) 追日旋轉式太陽能建築 Heliotrop



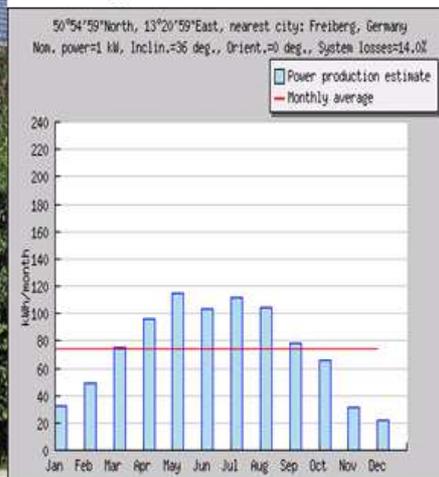


建築師 Rolf Disch 以自己的家為範例，耗資 160 萬歐元(約 7200 萬元台幣)，外觀高約 14M，基座直徑約 3M，設置 6.6kWp 多晶無框模組，平均每天約可發 20 度電，獲 1995 年德國年度建築大獎作品。

(五) 太陽能住宅區 Schlierberg Solar Estate :



- 總共設置 445 kWp
- 年發電量 420,000 kWh (2.58 kWh/kWp_day)





(六)太陽船 Sonnenschiff：

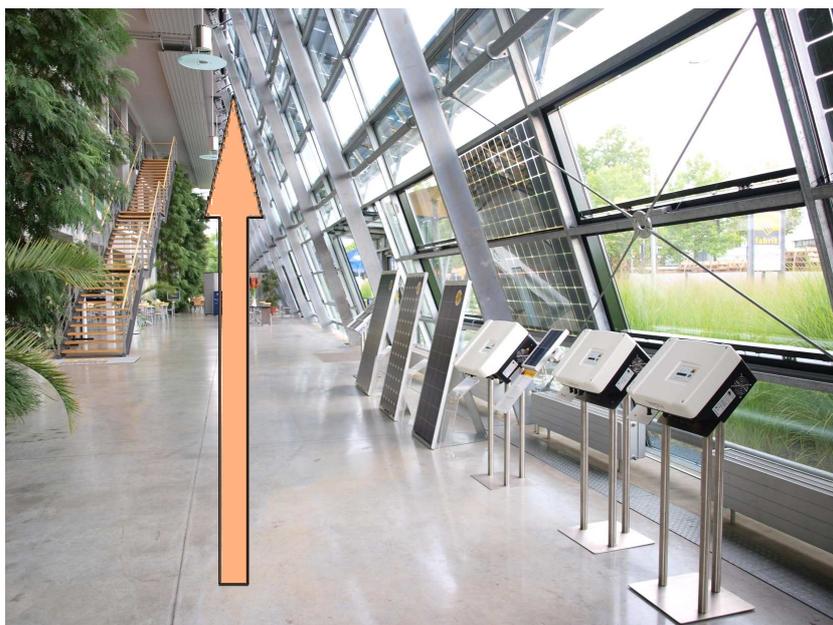
2006年完工，採用正能源屋（plus energy house）的設計理念於商業辦公建築，藉由先進的保溫、通風與玻璃科技，降低建築物在暖氣、通風、冷卻及照明的能源需求。同時藉由天然及可回收建材的使用以減少對環境的衝擊。



(七) 太陽能光電工廠 Solar Fabrik



Solar Fabrik 於 1996 年設立，是弗萊堡重要的光電產品製造廠，製造生產太陽能電池、組件、轉換器及組裝配件等光電相關產品。工廠大樓本身就是一棟環保綠建築，大量採用玻璃帷幕增加採光及取暖，並裝置太陽能發電設備供應所需電力，太陽能組件面積共 575 平方公尺，可供應工廠所需能源 20%，所有電能及熱能需求 100% 採用再生能源，Solar Fabrik 也是歐洲首座二氧化碳零排放的太陽能光電模組製造工廠，曾多次獲得太陽能及環保方面之獎項。



利用煙囪效應使自然通風，以及立面採光與樓梯減電能



利用生態池冷卻進氣溫度



太陽光電板支架及維修道



Convert Sensor

用來做為日射量、模組溫度以及周溫偵測轉換之用



疊瓦片的固定方式(Profilink 固件)

(八)其他 CIPV 應用實例

1. 在社區旁興建太陽能停車場，多餘的電力出售給電廠



2. 超市



3. 停車棚



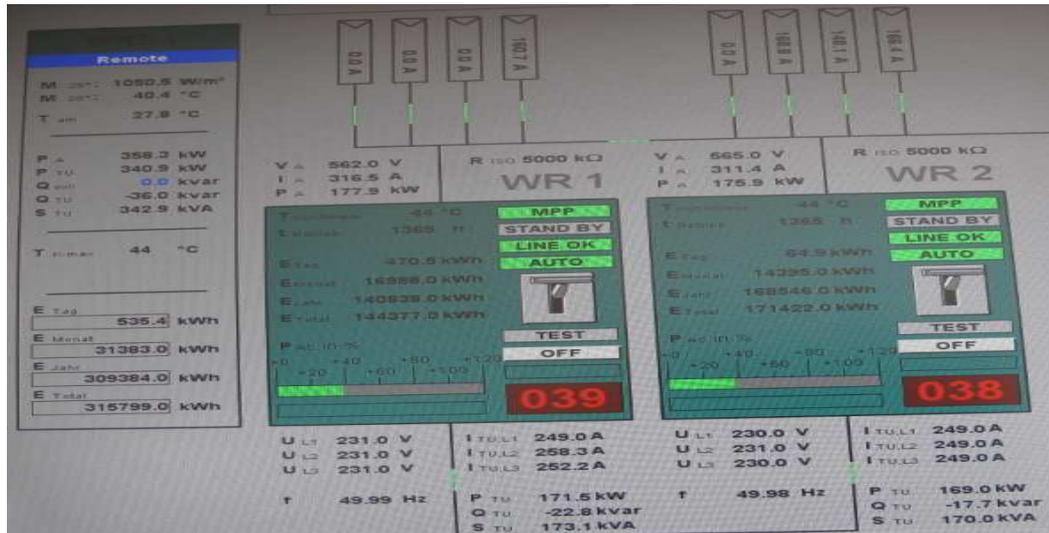
4. 公車站



伍、結論與建議

- (一)管理 PV 電廠:使用適當功能的圖控軟體工具，並利用網路可集中看管各 PV 電廠發電運轉狀況，以維持最佳發電效益。
- (二) 維持運費用: 依詢問 Mr. Bodo，在德國每 MWp 每年約須編列 1%-2%(3-5 萬歐元)維護費用，而 INVERTER 可依合約要求提供所需要的服務。
- (三)FUSE 與 阻隔二極體需求:
VDE 並未要求一定得裝設 FUSE 與 阻隔二極體(Blocking Diode)來保護模組，這只是模組業者單方面的說法及建議， Mr. Korner 認為 FUSE 與阻隔二極體無法保護模組，除非模組絕緣損壞的情況發生，何況目前也無 PV 適用標準來測試應用於 PV 系統的 FUSE 產品可供使用，目前 DC FUSE 最高耐壓值只到 DC 600V，有很多案例顯示 FUSE 反而是造成 DC Box 處燒毀的原兇，而阻隔二極體也很容易遭突波打壞，何況在有旁路二極體保護下，一個 18 片的模組串要同時有 6 片異常情況下，才可能造成模組損壞發生，如果在這個時候才發現問題，是監管人員嚴重失職，不然應早就發現問題並作適當處理。Mr. Korner 建議以 Shunt 代替 Fuse，用監示模組串電流的方式來保護 PV 模組，才是有效的作法，Mr. Korner 並提供多份資料及照片供我們做為參考，並說明裝設 FUSE 的利弊原因，IEC/EN 並未要求以 FUSE 來做為 PV 模組過載之保護，只是 PV 模組業者的建議，若是一定要裝設 FUSE，則要使用之 FUSE 以及及安裝之保險絲座須有運用於 PV 系統之一定的標準與測試要求，只可惜目前並未制訂，故在使用上一定要小心。
- (四)主從式架構對效率提升作用: 以 MED 這個 PV 電廠目前運作的情況來看，設計良好的主從式架構，可以讓 Inverter 運作在較高的效率範圍內，是有助於提高 PV System 的效率，為目前在 INVERTER 領域仍有多個運作模式被提出，但可以確定的是 INVERTER 的價格約佔整個 PV 系統建置費用的 10~15 之間，所以如何提高 INVERTER 之

轉換效率將即為重要，並且提高 INVERTER 效率所增加的費用，將在極短時間會由發電收益來回收。



(五)由前述資料顯示，德國的每 kWp 單位發電量 3KWh_day，並沒有比臺灣大部份的地區好，但看得出來他們努力提高 PV 單位發電量，想辦法降低不必要的成本，力行追求恰當不多不少的信念，因此他們可以在 2005 年時，即可以約 4000€/kWp 的費用蓋 PV 電廠，與我們這個時候 200,000NT/kWp 的費用相當，也許他們開始得早，累積了較完整的相關技術，因此設置成本可以降低，相對來說，我們的設計規格要求比較保守，單位設置成本自然降不下來。

(六)臺灣的緯度比德國低 20 度以上，垂直面更沒有條件設置 PV 發電，除非是有特殊目的用途。但是水平或斜面單位發電量均較德國高，更有條件設置，未來配合建築普遍綠化，戶戶節約能源，降低能源消耗，屋頂廣鋪光電板、集熱板，則家家都有可能成為正能源屋，再配合高效率汽電共生設備、風力發電等再生能源，結合智慧型電網運作，處處可造就綠能之都。

(七)過去 PV 系統技術，我們專注在如何發出更多的電，沒有考量整體效益的最佳作法，舉例來說，屋頂裝設 PV 的時候，只要求最佳發電量來設置，未同時考慮如何設置，可以讓屋內降溫的效果最

好，降溫所省下的電這個附帶效益，也許可以讓設置成本降得更低，所發的電加所省的電，才是設置 PV 的整體效益，但這個層面需要先掌握 PV 結合住宅的節能與耗能技術，才能準確的估算。