

1.1 光伏發電技術及工業歷史

在 1839 年，法國科學家 Edmund Becquerd 發現了光伏發電效應。這位年僅 19 歲的科學家觀察到在導電溶液中的一對電極棒，當光照射其上時，放出的電子會增加。但因為沒有這發明的適當應用機會，也就不再使用。

在 1873 年，英國工程師 Willoughby Smith 在測試水底通訊電纜的材料性質時，注意到一種化學物質硒（Selenium）是高電阻的物質，但被光照射時就成了高導電度的物質。於是在 1883 年，美國的發明家 Charles Fritts 成功的製造了可以發出微小電流之硒片。但能源效率不能超過 1%，同時，因為硒是很高價的稀有元素，無法克服昂貴的生產成本。

在 1954 年，貝爾實驗室開始探討使用光伏晶片作為遠端電話服務站的電源，仍是以硒作為材料而失敗告終。但同時，貝爾實驗室的同事 Calvin Fuller 及 Gordan Pearson 卻開始探討使用矽晶雙極管及三極管作為光伏材料，他們發現在矽晶片加上適量的雜質時，很可觀地增加了光電子之電流。他們成功的製造出了第一片光伏矽晶片，有 6% 的光能轉換效率。貝爾實驗室為之取名為“太陽電池”，而在許多遠端小系統上大量使用。

當 1950 及 1960 年間太空競賽期間，光伏電池在 1958 年放在衛星上進入太空，航太工業的研發也帶來光伏技術的長足進步。

在 1970 年代，石油的短缺促成了美國國家再生能源實驗室（NREL）的成立。各國立法通過減稅及補貼條例，使得美國，歐州，及日本獎勵光伏電池工業之應用。

1.2 光伏市場及應用

在 1992 年，美國佔有世界 40% 的製造容量，為最大之光伏市場，在 2007 年，光伏市場已較 1992 年增加了十九倍的市場裝設量，美國卻以 11% 的容量退居世界第三。而德國及日本因為再生能源法出爐，分別以 49% 及 24% 分占世界第一及第二。預計在 2013 年美國的再生能源法能帶動光伏工業再登上光伏工業市場龍頭。

直至 2009 年為止，光伏工業一直以每年超過 40% 的成長率，在全球經濟衰退中，持續成為強勁成長之工業。

(Not finished, to be continued)

1.3 太陽能發電系統之分類

大型太陽能發電系統，大致分為三類（1）(Sterling)史特靈引擎（2）光伏矽晶片（3）薄膜。

（一）史特靈引擎的觀念在 1816 年即已成型，籍由氣化液體的熱脹冷縮而推動機械裝置。屬於外燃機的一種，是很古老的機械設計，但以其高效率與安

靜，仍為大型太陽能電廠所喜愛。也有但史特靈引擎並非本書之目的光伏施工法規有關內容重點，餘下僅簡為介紹。

(Not finished, to be continued)

(二) 光伏矽晶片又可分為單晶矽片與多晶矽片二種，都屬於厚膜晶片。

(Not finished, to be continued)

(三) 薄膜式光伏電池是以半導體物質塗料塗於不定型的基片上。(Not finished, to be continued)

1.4 光伏系統應用之關鍵考量因素

光伏系統之應用，大致分為聯網式與獨立系統二類，聯網式必須在市電所及之處，一般都裝設聯網式電錶，可以依電流之流向雙向計費，獨立式系統則通常配以蓄電池或備用發電機，或輔以風力發電等混合式設計，當陰雨天時仍能支援不同用電需求。這兩種系統使用的元件，構成，設計理念也不同。(Not finished, to be continued)

光電池的製造價格由 1960 年的每瓦 1000 美元降至 2010 年的每瓦 1 美元。光伏系統進入家庭，也使得電工法規正視光伏裝設所必要的安全規定。

目錄：

第一章：光伏市場及應用

1.1 光伏發電技術及工業歷史

1.2 光伏市場及應用（聯網系統，獨立屋系統，電話通訊系統等等）

1.3 太陽能發電系統之分類（聚光器，光伏晶片，薄膜）

1.4 光伏系統應用之關鍵考量因素。

第二章：安全基本要求

2.1 運轉中及未運轉之光伏系統之防災安全事項

2.2 在光伏系統裝設或維護時的人員操作之防災安全事項（警告標示，屋頂施工）

2.3 設備保護之安全事項（電氣設備，電池，交直流斷電器之位置與要求）

2.4 電工法規之其它要求

第三章：電氣基礎知識

3.1 解釋能量與電力之不同

3.2 基本電氣名詞定義

3.3 數碼式電錶之適用範圍

3.4 簡單計算電路參數

第四章：太陽能基礎知識

- 4.1 基本太陽名詞定義（例如日照度，經緯度）
- 4.2 經由磁針及地磁偏角找出實際之地理南向
- 4.3 基本的太陽軌道與地面傾斜角之關係
- 4.4 由太陽軌道圖預估太陽之位置
- 4.5 太陽射角偏移對於光伏陣列之日照度之影響
- 4.6 影響日照度增減之因素
- 4.7 在不同的屋面之平均日照度
- 4.8 日照度之不同單位轉換
- 4.9 影響日照度之平面因素
- 4.10 如何使用路徑尋找器與太陽圖

第五章：光伏模組基礎知識

- 5.1 解釋光伏電池如何轉換日光成為電力
- 5.2 光伏電池電壓電流曲線之關鍵點
- 5.3 由製造商之型錄判讀光伏電池之關鍵參數
- 5.4 環境因素對於光伏電池之影響
- 5.5 光伏電池之串聯與並聯
- 5.6 光伏電池晶片與光伏模組之測試條件
- 5.7 不同的環境因素計算光伏之輸出量
- 5.8 不同製造商之光伏晶片結構比較
- 5.9 不同光伏晶片技術之特徵與表現比較
- 5.10 如何製造一個典型的光伏模組及元件結構
- 5.11 計算光伏模組之效率
- 5.12 解釋如何使用旁路二極半導體
- 5.13 光伏模組之變形與損壞之原因
- 5.14 光伏模組之合格測試標準

第六章：系統元件

- 6.1 敘述一般光伏模組之架設方式（地面，屋頂，柱杆）
- 6.2 光伏系統不同架設方式之利弊比較
- 6.3 光伏模組晶片溫度與裝設之環境狀況之關聯
- 6.4 系統各電氣元件之功能
轉換器，充電控制器，併線盒，電池，發電機
- 6.5 各電氣元件之規格要求

第七章：系統設計容量

- 7.1 典型的負載與電壓電流曲線之相互作用（電池，最大功率追蹤）
- 7.2 獨立系統與聯網系統之需求負載計算
- 7.3 電氣輸出量之效益折損因素
- 7.4 估算直流與交流之尖峰電力輸出值計算
- 7.5 聯網之光伏陣列與轉換器之容量計算

- 7.6 聯網系統每月及每年之能量輸出計算
- 7.7 獨立系統之光伏陣列與電池容量之關係
- 7.8 獨立系統之光伏陣列與轉換器之容量計算

第八章：光伏系統電氣設計

- 8.1 光伏模組與轉換器之規格決定光伏陣列之串聯/並聯之排列
- 8.2 依系統要求選擇相匹配的光伏系統元件
- 8.3 計算在各主要元件之間的電壓降。
- 8.4 電工法規之線徑與管徑設計要求
- 8.5 直流系統過電流保護設計要求
- 8.6 漏電保護設計要求
- 8.7 接地保護設計要求
- 8.8 避雷設計要求
- 8.9 交流回饋點銅排設計要求

第九章：光伏系統機械設計

- 9.1 系統架設之傾斜角，太陽仰角，與陣列間距之關聯
- 9.2 光伏系統之機械負載計算（風壓力，雪壓力，地震側移力）

第十章：效能分析與障礙排除

- 10.1 典型的設計錯誤示例
- 10.2 典型的系統效能表現缺失示例
- 10.3 系統效能缺失之原因診斷
- 10.4 系統效能缺失所需之檢測設備。
- 10.5 系統應有之輸出表現之比較
- 10.6 指明典型的系統電器/機械失常之位置因素

附錄一 中國各地區之日照時數

附錄二 電纜線之交流及直流阻抗參數

附錄三 各國電工法規之管徑規定

NABCEP requested outline:

4. Solar Energy Fundamentals

Task/Skill

- 4.1 Define basic solar terms (e.g., irradiation, Langley, azimuth)
- 4.2 Determine true (solar) south from magnetic (compass) south given a declination map

- 4.3 Describe Basic solar movement and effect of earth tilt
- 4.4 Predict solar position using solar path diagrams
- 4.5 Describe angular effects on the irradiance of array
- 4.6 Identify factors that reduce/enhance solar irradiation
- 4.7 Determine average solar irradiation on various surfaces
- 4.8 Convert solar irradiation into a variety of units
- 4.9 Determine effect of horizon on solar irradiation (shading)
- 4.10 Demonstrate use of Solar Pathfinder or sun charts

- 5.1. Explain how a solar cell converts sunlight into electric power
 - 5.2. Label key points on a typical IV curve
 - 5.3. Identify key output values of solar modules using manufacturer literature
 - 5.4. Illustrate effect of environmental conditions on IV curve
 - 5.5. Illustrate effect of series/parallel connections on IV curve
 - 5.6. Define measurement conditions for solar cells and modules (STC, NOCT, PTC)
 - 5.7. Compute expected output values of solar module under variety of environmental conditions
 - 5.8. Compare the construction of solar cells of various manufacturing technologies
 - 5.9. Compare the performance and characteristics of various cell technologies
 - 5.10. Describe the components and construction of a typical flat plate solar module
 - 5.11. Calculate efficiency of solar module
 - 5.12. Explain purpose and operation of bypass diode
 - 5.13. Describe typical deterioration/failure modes of solar modules
 - 5.14. Describe the major qualification tests and standards for solar modules
6. System Components

- 6.1. Describe most common solar module mounting techniques (ground, roof, pole)
- 6.2. Compare features and benefits of different solar mounting techniques
- 6.3. Explain the relationship between solar module cell temperature and environmental conditions, given mounting method (e.g., NOCT)
- 6.4. Describe purpose and operation of main electrical BOS components (inverter, charge controller, combiner, ground fault protection, battery, generator)
- 6.5. Identify key specifications of main electrical BOS components (inverter, charge controller, combiner, battery, generator)

7 PV System Sizing

- 7.1. Illustrate interaction of typical loads with IV curve (battery, MPPT, dc motor)
- 7.2. Analyze load demand for stand-alone and grid interactive service
- 7.3. Identify typical system electrical output derating factors
- 7.4. Calculate estimated peak power output (dc and ac)
- 7.5. Calculate array and inverter size for grid-connected system
- 7.6. Calculate estimated monthly and annual energy output of grid-connected system
- 7.7. Explain relationship between array and battery size for stand-alone systems
- 7.8. Calculate array, battery and inverter size for stand-alone system

中國各地區之日照時數 " 或可在美國國家實驗室下載,第二及第三個需收集臺灣及大陸的電工法規,

應有規定,美國電工法規我有.

臺灣的電工法規(法規詳解也可),請張教授:撥空買一本以普通包裹海運寄來,大陸的電工法規敘述太陽射角偏移對於光伏陣列之日照度之影響

4.6 列舉影響日照度增減之因素

4.7 在不同的屋面之平均日照度

4.8 日照度之不同單位轉換

4.9 影響日照度之平面因素

4.10 如何使用路徑尋找器與太陽圖

第五章 : 光伏模組基礎知識

5.1 解釋光伏電池如何轉換日光成為電力

5.2 光伏電池電壓電流曲線之關鍵點

5.3 由製造商之型錄讀出光伏電池之關鍵參數

5.4 環境因素對於光伏電池之影響

5.5 光伏電池之串聯與並聯

5.6

決定光伏電池晶片與光伏模組之測量條件

5.7 在不同的環境因素計算光伏之評估輸出量

5.8 比較不同製造商之光伏晶片結構

5.9 比較不同光伏晶片技術之特徵與表現

5.10

如何製造一個典型的光伏模組及元件結構

5.11 計算光伏模組之效率

5.12 解釋如何使用旁路二極半導體

5.13 敘述光伏模組之變形與損壞之原因

5.14 敘述光伏模組之合格測試標準

第六章 : 系統元件

6.1 敘述一般光伏模組之架設方式(地面,屋頂,柱杆)

6.2 比較光伏系統不同架設方式之利弊

6.3

解釋光伏模組晶片溫度與裝設之環境狀況之關聯

6.4

敘述系統各電氣元件之運作功能(轉換器充電控制器,並線盒,漏電保護,電池,發電機)

6.5 明列前節各電氣元件之規格參數

第七章 : 系統設計容量

7.1 敘述標準的負載與電壓電流曲線之相互作用(電池,最大功率追蹤)

7.2 分析獨立系統與聯網系統之需求負載

- 7.3 明列電氣輸出量之效益折損因素
- 7.4 估算直流與交流之尖峰電力輸出值
- 7.5 計算聯網之光伏陣列與轉換器之容量大小
- 7.6 估算聯網系統每月及每年之能量輸出
- 7.7
解釋獨立系統之光伏陣列與電池容量之關係
- 7.8
計算獨立系統之光伏陣列與轉換器之容量大小

第八章：光伏系統電氣設計

- 8.1
根據光伏模組與轉換器之規格決定光伏陣列之串聯/並聯之排列
- 8.2 依系統要求選擇適當的光伏系統元件
- 8.3 計算在各主要元件之間的電壓降。

第九章：光伏系統機械設計

- 9.1
敘述系統架設之傾斜角，太陽仰角，與陣列間距之關聯
- 9.2
敘述光伏系統之機械負載（風壓力，雪壓力，地震側移力）

第十章：效能分析與障礙排除

- 10.1 敘述典型的設計錯誤
- 10.2 敘述典型的系統效能表現缺失
- 10.3 系統效能缺失之原因
- 10.4 列出分析系統效能缺失所需之設備。
- 10.5 系統應有之輸出表現之比較
- 10.6
指明典型的系統電器/機械失常之位置因素

附錄一 中國各地區之日照時數

附錄二 電纜線之交流及直流阻抗參數

附錄三 各國電工法規之管徑規定