

太魯閣國家公園太陽電池應用 於偏遠地區照明之研究

蔡

中

內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託
國立交通大學電子工程系研究
中華民國七十九年二月

目 錄

第一章	緒 言	1
第二章	太陽電池的原理	6
2 - 1 節	簡介	6
2 - 2 節	矽晶體	8
2 - 3 節	正負接面二極體	11
2 - 4 節	太陽電池	13
2 - 5 節	其他太陽電池	17
第三章	光電系統	19
3 - 1 節	簡介	19
3 - 2 節	太陽能板	21
3 - 3 節	蓄電池	24
3 - 4 節	燈具	27
3 - 5 節	隧道燈控制電路	29
第四章	討論與建議	34
4 - 1 節	簡介	34
4 - 2 節	支架	35
4 - 3 節	電線	40
4 - 4 節	控制箱	41
4 - 5 節	注意事項	43

第五章	結論與未來計劃	45
5 - 1 節	簡介	45
5 - 2 節	綜合成果	45
5 - 3 節	未來計劃	50
5 - 4 節	彩色圖片說明	56
5 - 5 節	感謝語	58

第一章 緒 言

應用太陽電池將太陽之光能轉換成電能是個既新且舊的工藝。新是它在近幾年才在商業用品上開始發跡；舊是它早在60年代的人造衛星上已擔任產生電能的重要角色了。由於它對一般人尚是個新的產品，故有必要對它與其相關的太陽在本章與後面幾章做個說明。

在我國文字史上，有關太陽能的應用，最有趣的故事莫過於「野人獻曝」了。大家都覺得太陽很溫暖是理所當然的事而不去注意它。但這位田夫卻好像突然感到它的價值，列子述其欲獻其君，必有重賞。結果被他人譏為所獻極微而沒有去見其君。因為列子常用比喻的手法來表明他的概念，所以，這個故事不見得是真實。但至少我們可從中看到一個當時的看法，那就是：太陽能具有熱量，與太陽能的能量很小。因為太陽能具有熱量，故至少有熱方面的用途。但因為太陽能的能量很小，就認為它沒有用是不對的。到今天，全世界每年所消耗的能量尚遠小於地球在該年所吸收的太陽能。可見，小面積的太陽能雖然不大；但大面積的太陽能就很有用了。

現在我們可以舉一些數值來說明太陽光轉成電能的大小。太陽光在地球表面的大氣邊緣外，每平方米具有1.37瓩的功率。此即圖1-1中，為外界的總輻射功率。但隨著陽光穿過大氣層，它會被雲，地上物，地面反射及散射，甚至被大氣中的某些成份吸收掉某些特別波長的光，故地面上太陽能的最大值約為每平方米1瓩。故人造衛星在太

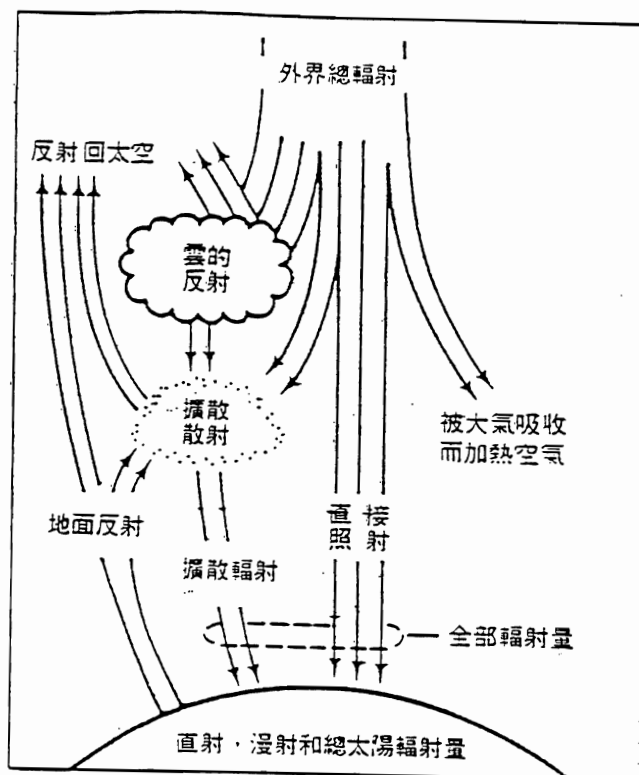


圖 1-1 大氣和雲對陽光射到地面的路徑之作用。

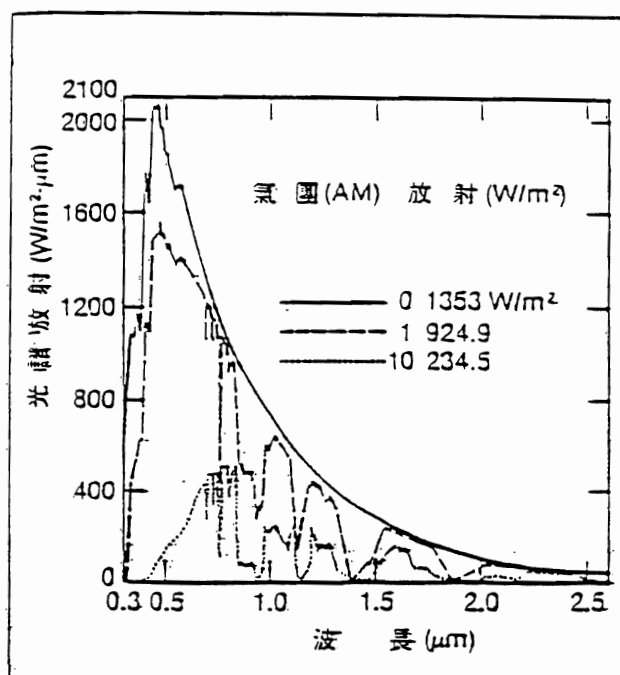


圖 1-2 大氣透緣的陽光包括了很大範圍的波長。當陽光穿過大氣層，它會被大氣中的某些成份吸收掉某些特別波長的光，造成圖中 AM1 及 AM 10 頻譜上的裂縫。光隨著氣團增加而衰減，因為穿過較厚的大氣層的光較少。

空中，沒有氣團（Air Mass）的影響，可獲得AMO之光照量；而在地表上，則受到整個大氣團的吸收，如日正當中，在我們的頂上，則為AM1的光照量；如陽光斜照過來，則AM的數字較大，如圖1-2中，還繪出AM10的光譜放射變化圖。

在下一章內，我們將介紹什麼是晶體及半導體，如何將它變成正型半導體與負型半導體，以便做成正負接面二極體，它也就是太陽電池的基本結構。由於這一門學問有許多先修課程，很難在一章內說明得清楚，只好以結論式地敘述它的重要概念。

在第三章內，我們說明本計劃的四個重要組件，即太陽能板，蓄電池，燈與燈具，及控制電路。因為一個矽晶太陽電池的電壓只有零點幾伏特，故要串聯許多太陽電池才能有足夠的電壓來對蓄電池或負載做功。因此集許多太陽電池在一面板上者稱為太陽能板。不是所有的太陽能板均轉換相同的能量出來，故本計劃選了二種不同長晶法所製的能板配合四種不同容量的蓄電池以為研究最佳材料之能板及最佳蓄電池的實際測試資料。燈及控制電路倒是二個比較容易掌握的組件，只是燈具反而不容易獲得，到最後，我們只好自己「發明」了。

在第四章內，我們討論本計劃的三個次要組件，即支架，電線，及控制箱。這三樣東西一般說來好像是與系統的功能無關，但到試驗期的後期，卻漸漸地發覺到它們的重要性，尤其是有關支架的架設，會直接影響到太陽能板吸收太陽能的能力。

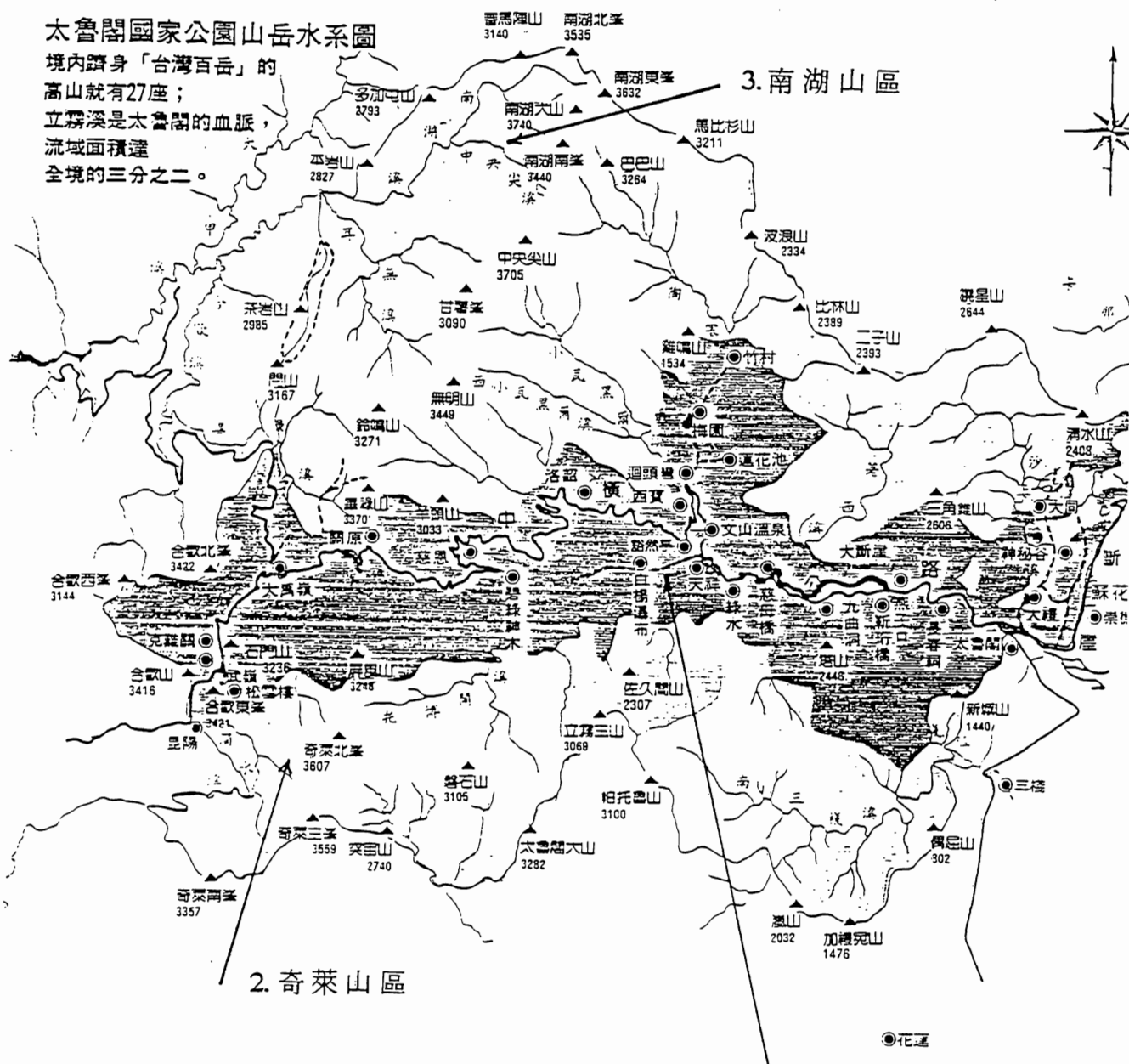
在最後一章內，我們將上面二章所述的組件裝在幾個區域內實際應用，我們將對它們的能效做個結論。目前我們選定的三個區域均是電力無法到達的偏遠地區。如圖1-3所示：第一區為白楊步道區，它

是中橫公路的遊客常去的地方，我們將在那裡裝至少十四組的太陽能板。該區是在天祥與文山間的一個風景優美，峽谷式的步道，我們是應用太陽電能來點隧道燈，使那些較暗的隧道有點光亮，以免遊客摸黑進入碰壁受傷。第二區為奇萊山區及第三區南湖山區。這二個山區是山友常去的地方，也是常有山難，易生意外的地方，故宜在夜間在避難小屋附近設置避難指示燈，讓迷失者在夜間尚有找到避難小屋的希望，也可方便到達小屋的人在夜間可在小屋附近作有限的活動。目前是準備在這兩個山區內裝三具應用太陽電能來點避難指示燈的計劃。如果以上的應用成效不錯的話，我們也希望能夠繼續擴大這項遊憩服務品質，所以，我們亦提出一個太魯閣國家公園太陽能應用的整體規劃，分近程與遠程，共四個表來說明。準備向貴處及經濟部能源委員會提出，共襄盛舉。

布克敏斯特·富勒 (R. Buckminster Fuller) 是一位真正的美國奇才，一人兼具發明家，工程師，數學家，建築師，詩人和宇宙論學家。據說有一次他的女兒指著壁爐裏的火花問他：“火是什麼？”，他答道：“火是從木頭裏脫身出來的陽光。柴爆出的火花是木頭把許久以前某一個晴天所吸收的陽光一下子釋放出來。”本計劃不是用木頭來儲存陽光，我們是用蓄電池來替代，因為用木頭來存，至少要等數年的培養才能利用，但用蓄電池則有馬上存馬上用的好處。

太魯閣國家公園山岳水系圖

境內躋身「台灣百岳」的高山就有27座；
立霧溪是太魯閣的血脈，
流域面積達
全境的三分之二。



太魯閣國家公園
位於台灣島的東半部，
面積九萬二千多公頃，
界於花蓮、台中、南投之間。

1. 白楊步道區

2. 奇萊山區

3. 南湖山區

圖 1 - 3 本計劃執行裝燈之三個地區

第二章 太陽電池的原理

2-1 節 簡介

正式的太陽電池是在1954年由貝爾實驗室裏的三位科學家首先研製。其後它成為人造衛星動力之來源。一直到1974年以後，中東石油禁運期間，人們方始嚴肅地考慮將之用於地面上。在此之前，傳統的能量來源，石油與煤，與其所轉成之電力，在人類社會中，可說垂手可得，又便宜又方便。因此，太陽電池之地面應用，在價錢上根本無法與之抗衡，故只能用於太空方面之能源需求。

石油禁運之後，對西方工業國之能源結構給予甚大之衝擊。許多國家有因之而成立能源部者，或直屬於最高當局之能源辦公室者。而我國則是在經濟部中成立能源委員會。各國均就該國之國情，發展獨立之能源政策。認真地評估各種替代能源，諸如：太陽能，生質能，海洋能，風能，地熱等等。結果，其中太陽能似乎較有普遍性，但其發電成本尚高。海洋能中之潮汐發電在加拿大，法國等的河川有幾個例子。地熱發電在美國，紐西蘭的山區有一些。其餘的至今在發電方面都沒有大規模的利用。因此，從1974年至今為止，替代能量在發電方面還沒有達到能夠替代煤、石油的地步。因而在此期間內，各國或多或少均建了核能發電廠。也許，對有些國家來說，他們自認他們的科技可以完滿地控制核子反應而建立核能發電廠。但對許多國家，則是歸因於它的一項好處，簽一次約，可用許多年，免得煩惱。

由於石油與煤，甚至於核子燃料，均是有限的物質，按照人類目前的使用速率，百年之後，將有能源短缺的情況發生。這也是為什麼中東石油已經解禁，但各國仍然在替代能源上努力的原因。經過多年的研究結果，大家公認，惟有靠太陽能與節約能源方是長久解決之道。

太陽能的直接應用有熱與電及熱電混合等三種系統。本計劃僅為太陽能電的應用。故本章說明吾人如何將太陽能變成電能的方法。在 2-2 節中我們解釋什麼是晶體，尤其是矽晶體；在 2-3 節中說明如何將矽晶體變成正型區與負型區而形成正負接面二極體 (P - N Junction Diode)；在 2-4 節中說明這個接面二極體如何成為太陽電池；而在最後一節中說明其他種類的太陽電池。

2 - 2 節 矽晶體

矽晶體是矽原子群呈立體週期排列者。原子在週期長度內的結構稱為單位結構。矽晶體之單位結構如圖 2 - 2 - 1 所示。此結構稱為鑽石結構 (Diamond Structure)。所以，矽晶體就是這個結構不斷地在立體方向重覆排列而成。這樣的晶體，我們稱之為單晶 (Single Crystal)。

當然，晶體，尤其是自然生成者，不容易保持上述定義的晶體結構。因此晶體有不完美的狀況，其因有三。一是稱為缺陷 (Defects) 者。這是單位結構的所有原子位置仍然保持，僅有少數位置上之原子缺失 (Vacancies) 或者偏離 (Interstitials)。二是稱為雜質 (Impurities) 者。這是晶體的原子被其他原子所取代 (Substitution)。第三種是單位結構的週期方向無法保持。如果晶體形成區域性 (Domain) 結構，即在區域內之單位結構有立體之週期方向，但因各區域之週期方向不同，這樣的晶體在各區域間會形成邊界 (Boundaries)，在邊界上的原子排列就相當不規則了。這種晶體，我們稱之為多晶 (Polycrystals)。又如果各區域的範圍太小，以致邊界不明顯時，則稱為非晶 (Amorphous Crystal)。

矽原子在週期表排行 14，有 14 個電子，其量子軌道為 $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^2$ 。由於 $3S^2 3P^2$ 四個價電子混雜在一起，故矽原子為第 IV 族元素，或肆價元素。在絕對溫度零度時，矽原子在矽晶體中為中性狀態，其導電情形，在能帶理論 (Energy Band Theory) 中可用圖 2 - 2 - 2 來說明。在圖中，我們只給了二個能帶。因為 $T = 0^\circ K$ ，所以電子依序從最低的能階向上填滿，對矽晶來說，正好填滿圖中下

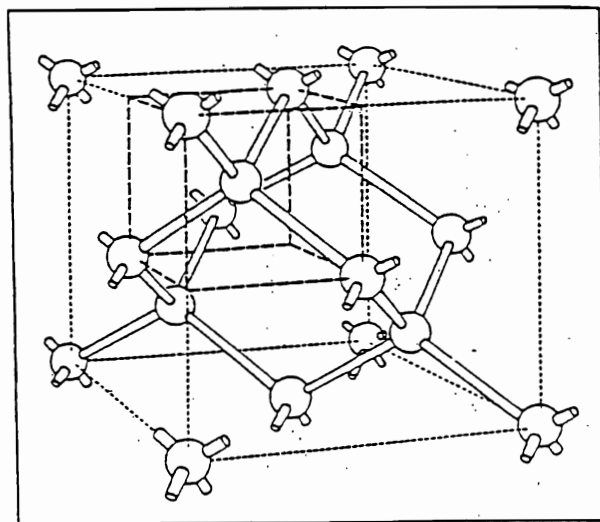


圖 2 - 2 - 1 鑽石結構為矽晶體的原子排列方式

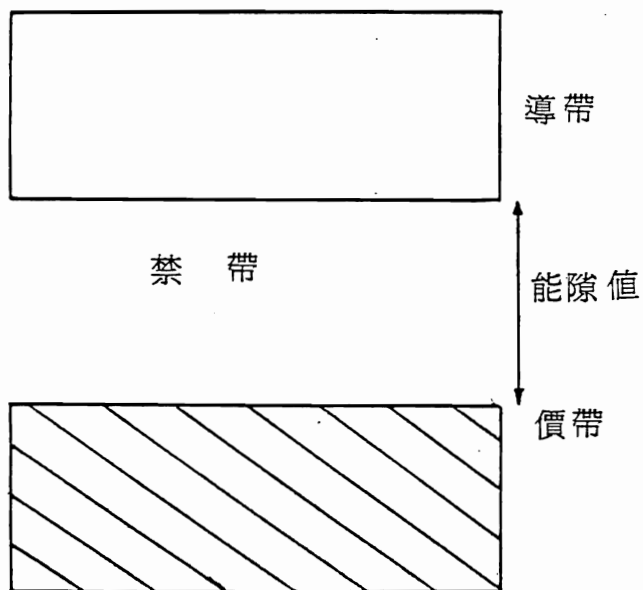


圖 2 - 2 - 2 半導體之能帶圖

端的能帶，所以我們用斜線表示它是一個滿帶（ Full Band ），佔滿了電子。在其上的能帶則一個電子也沒有，稱之為空帶（ Empty Band ）。在這兩個能帶間卻是禁帶（ Forbidden Band ），我們稱空帶的底端與滿帶的頂端間的能量差為能隙（ Energy Gap ）值。矽晶的能隙值為 1.14 電子伏特（ eV ）。可見，在滿帶的最高能階之電子需 1.14 eV 之能量方能跨過禁區到達空帶之最低能階。一旦電子跳到那裏，就好像變成自由電子一般，可以傳導電性。所以空帶也稱為導帶（ Conduction Band ）。滿帶，則因為所有的能階均佔滿電子，因此，這些電子在滿帶內無法移動，故不能導電。但如跳走一個電子，則成有空，也能傳導電性了，這種“空”的情況在半導體理論中稱之為洞子（ Holes ），賦予一個正電子電量。由於滿帶裏的電子是價電子，故亦稱為價帶（ Valence Band ）。

2 - 3 節 正負接面二極體

在前節中，我們曾說明，在 $T = 0^\circ\text{K}$ 時，矽晶體之價帶（即滿帶）為充滿電子之能帶，而導帶（即空帶）為全無電子之能帶，故此時矽晶體為絕緣體，不導電。可是當溫度大於零度，晶體內有了熱能，就有一些價帶電子可以獲得足夠的能量跳到導帶，於是導帶有了電子，而同時價帶亦有等數的洞子，晶體就由絕緣體變成了導體。當然這種傳導電性的程度是隨溫度的升高而增加的。但這種因溫度變化而來之電導性有二個缺點，在實際應用上不採用。其一為導帶之電子數與價帶之洞子數相等。在半導體物理中，我們稱導帶中有電子為負型；而價帶中有洞子為正型。如半導體中負之電子數大於正之洞子數為負型半導體；反之為正型半導體。可見，由溫度所引起之載子為正負數相同，為無性者，不好用。其二為由溫度所引起之載子數會隨溫度之增加而增加，不是一個常數，亦不好用。

因此，在半導體工程中，我們運用一種摻雜（Doping）之技術來解決這二個缺點。因為矽原子為四價的。故如在原來矽原子的地方，換上一個五價的磷原子，則磷原子的五個價電子中的四個擔負著原來矽原子的四個價電子的任務，那麼磷原子的第五個電子就無所事事了。所以，這第五個電子，只要有一點能量，就很容易進入導帶，形成負型半導體。可見，磷原子這種雜質，在矽晶內，會捐出一個電子到導帶，故稱這種雜質為捐者（Donors），或施者。它不會同時在價帶產生一個洞子，這就是這種原子替換法的好處。再說，如果我們在晶體中每立方公分摻雜了 10^{17} 個磷原子，在室溫時，在導帶就有 10^{17} 個加上由熱能跳上來之電子。因為由熱能跳上之電子數在室溫只有每立

方公分約 10^{10} 個，遠小於我們滲雜的數值，所以總載子數幾乎就等於我們的滲雜數。因此，我們可以控制導帶之電子數，也就是說，我們可以控制材料的導電係數。故在室溫左右的一個溫度範圍內，我們就有了一個幾乎與溫度無關的常數，這在半導體工程上，就好用得多了。

同法，如果我們在原來矽原子的地方，換上一個三價的硼原子。則它在擔負原來矽原子的四個價電子的任務時少了一個價電子，因此，它會吸引一個價電子來冒充矽原子的功能，這樣價帶中就少了一個電子，而有了一個洞子，形成正型半導體。可見，硼原子這種雜質，在矽晶內，會吸收一個電子，故稱之為受者 (Acceptors)。在半導體工程上，我們改變捐者與受者的量，就可做出各種元件來。雖然這種雜質，由前節所述，亦造成晶體結構的不完美。但我們知道，晶體在每立方公分有 10^{23} 個原子，故我們的滲雜量遠少於母原子的數量，雜質對原來晶體的性質改變甚微。如上述之每立方公分滲雜 10^{17} 個，則在一百萬個矽原子中只看到一個雜原子，其影響自可忽略不計。

如果我們將一晶體之一面為界，它的一邊為正型；另一邊為負型，則成所謂的正負接面二極體。它有許多應用，太陽電池即為其一，詳如下述。

2 — 4 節 太陽電池

由上知，正負接面二極體是接面的一邊爲正型矽晶；另一邊爲負型矽晶。因爲正型矽晶在價帶有自由移動之洞子，在導帶沒有電子；而負型矽晶則在導帶有自由移動之電子，在價帶無洞子。因此，一旦正型與負型相接在一起。正型價帶之洞子會跑到負型之價帶去，而負型導帶之電子也會跑到正型之導帶來。這樣，就破壞了電性平衡。因爲原本磷原子爲五個帶負電的價電子與一個帶五個正電的磷核構成中性原子。但是，當那個捐出的電子跑到接面的另一邊（即正型區），則磷原子就變成少掉一個電子的正離子。同理，硼原子原本爲三個帶負電的價電子與一個帶三個正電的硼核構成中性原子。一旦洞子跑到接面另一邊（負型區），則硼原子就因爲接受一個電子而成帶負電的離子。因此，當正型晶與負型晶接觸後，在接面邊的正型晶的電洞跑掉而成帶負電的硼離子；而在接面邊的負型晶的電子跑掉而成帶正電的磷離子。二邊的離子區構成所謂的空乏區（Depletion Region），即在此區內，幾乎沒有可移動的載子。因爲一邊有正離子，一邊有負離子，就有一電場穿過空乏區。有了電場，就可阻止正型區的洞子跑到負型區；亦可阻止負型區的電子跑到正型區。最後，達到新的平衡狀態。如是，載子的移動產生電場，電場的生成阻止載子的繼續移動，這就是電性的自然變化。

可是，當太陽光照在上述之正負接面矽晶體時，如波長小於1.088微米之光（即其光能大於矽晶之能隙值），就會像熱能一般供給在價帶之電子能量使它跳上到導帶成爲自由電子，同時在價帶產生同數之自由洞子。光愈強，則量愈多。這些載子有些會因復合(Recombination)

而消失（即在導帶的電子跳下佔住洞子之位置而使導帶減少一個電子，價帶減少一個洞子。）；但有些會因在接面內或在接面附近受空乏區內之電場的驅使越過該區到達另一邊（即在負型邊之洞子會被電場驅使到正型，而在正型邊之電子會被電場驅使到負型區。）。這樣，由於光的照射，破壞了原本平衡的狀態，於是有一個順向電壓跨在正負接面上，而有一個反向電流從負型晶，穿過空乏區，到正型晶，然後流過負載。因為負載的不同，電壓與電流的數值亦不同，如圖 2—4—1 所示。當電流為零時之電壓稱為開路電壓 V_{oc} ，而當電壓為零時之電流稱為閉路電流 I_{sc} 。因為功率（Power）為電流乘以電壓；故在這二狀況時均為零功率輸出。由此可知，在整個曲線變化中，應有一最大功率點，如圖上所示之（ V_m, I_m ）之位置。因此，太陽面板的轉換效率（Conversion Efficiency） η 即定為：

$$\eta = \frac{V_m I_m}{\text{入射光功率}}$$

所以， η 愈大，這種面板所能獲得之功率愈大，這是評估太陽面板好壞的一個因素。另一因素，稱為填入因素（Fill Factor） FF ，定義為：

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

由圖 2—4—1 知， FF 之最大值為 1，即圖上虛線的曲線。當 FF 值愈接近 1，即太陽面板的潛能愈能發揮出來， η 之數值也會提高。

上述的結構尚不是實際的樣子。實用的太陽電池還要將兩端接出來接負載，在本計劃的應用，就是接燈具，使之發光。如以負上正（

或說負／正， n on p ，或 n/p) 的組合，即太陽光先照到負型半導體的接觸 (Contact)，再經負型半導體，正負接面，正型半導體，到正型半導體的接觸。因此，第一個接觸會擋到陽光的進路，所以，不能在負型半導體上全部鍍上接觸，只能鍍上柵格，如圖 2—4—2 所示。這樣，沒有柵格的地方，可讓陽光進入，有柵格的地方做接觸。於是就產生了一個設計上的難點，柵格愈稀鬆，可吸收的陽光愈多，但接觸電阻愈大；如柵格愈緊密，則接觸電阻小，但所獲得的陽光也少。這二個互相矛盾的結果，必需將它們對效率的影響，詳細比較衡量，以求最佳的狀況。再來，我們還要在負型半導體上鍍一層抗反射膜 (Anti - reflection Coating)，以便陽光可以順利被矽晶體吸收。這種薄膜的功用是與照相機的鏡頭上所鍍者相同。

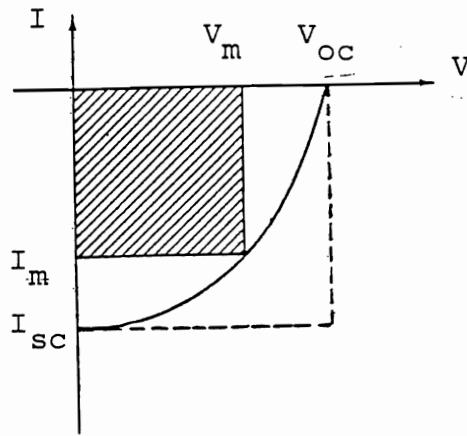


圖 2 - 4 - 1 太陽電池之電流電壓曲線圖

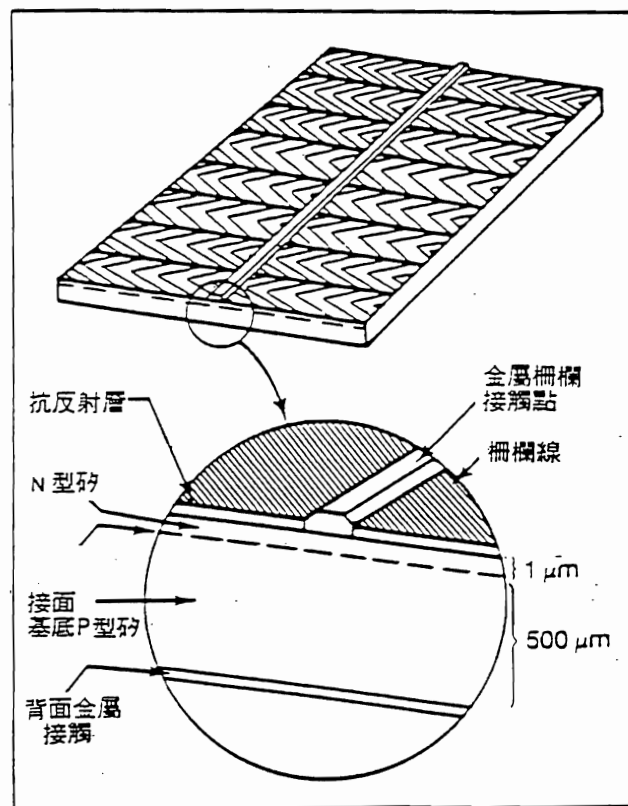


圖 2 - 4 - 2 典型接面單晶矽太陽電池

2—5 節 其他太陽電池

在 2—1 節中，我們曾說明，矽原子群集合在一起時，會成矽單晶體，矽多晶體，及矽非晶體。在這三種晶體中，單晶體內之矽原子排列次序是最完美的，而非晶者為最不完美的。然而，在形成這些晶體所花費的功夫上看，尤其是要做成一片片方形的組件時，則非晶最簡單，而單晶最複雜。所以，在世界能源第一次危機時，爲了降低單晶太陽電池的成本，多晶太陽能電池及非晶太陽能電池便受到許多研究機構的重視而加以開發。現在在市面上這三種矽晶所做的太陽電池的成品均有。不過，單晶與多晶者都是進口貨；而非晶者，最近在科學園區內已有一家公司開始製造。

在應用上，我們必需了解這三種太陽電池的不同點，方能適當地選擇該用的產品。在效率上，單晶的最高，有 12 % ~ 15 % 的樣子；多晶者次之，爲 10 % ~ 13 %；非晶者較低，僅 5 % ~ 8 %。可見，好的多晶產品已超過差的單晶製品了。又，在實驗室內的樣品，單晶已有高達 19 % 者，非晶也有 12 % 者，但這些都還不能大量大面積地製造。在成本上，因爲非晶構造最簡單，所以應該也最便宜，多晶次之，單晶最貴。然而，在市面上所售的太陽電池是裝成面板的形式的，故其價格除了半導體的處理過程外還加入包裝的過程。不過，一般的情形，以單位面積而論，還是非晶便宜一點，多晶與單晶則相當接近。所以購買時，要詳察其規格說明書，比較功率的大小，附件的成份，及其他的效用等。本計劃中曾使用單晶與多晶的產品，故下章內，我們有一個較詳細的比較。

除了矽晶產品外，還有一種半導體產品。它是砷化鎵 (Gallium

Arsenide) 單晶所做之太陽電池。但它大部份用在太空方面，地面上甚少裝置。主要是它的價格過於昂貴。直徑為吋半的砷化鎵晶片需台幣3000元；但直徑為三吋的矽晶片才250元台幣。當然，砷化鎵太陽電池有它的好處，即效率較高，一般均有18%，實驗室內曾達25%。

至於在系統方面的種類，本計劃是以平板固定式的。其他尚有集中式 (Concentrating)，它是在晶片上加一個放大鏡，將大面積的陽光集中到晶體上以便有較大的功率輸出；及追縱式 (Tracking)，它使晶片總是與陽光垂直，所以，晶片的位置要隨著太陽日出、日落而轉動，這樣可使晶片總是吸收到最大程度的陽光，也會有大的功率輸出。不過，這些系統，亦未普及化，尤其是追縱式，涉及轉動組件，就大大地增加維護的需要，不適合本計劃的原則。

第三章 光電系統

3—1 節 簡介

本計劃之應用系統是由太陽面板吸收太陽光並將它的能量轉變成電能。所得之電能，視狀況而定，或送入蓄電池中儲存；或直接用於負載。負載在本計劃中均為燈具。在白楊步道者，為供隧道照明之用；在奇萊、南胡大山者，為供避難指示之用。白楊步道之照明燈是供遊客在穿過隧道時用。因為在白天，所以太陽電池所獲得的電能在有遊客時直接去亮燈，在沒有遊客時則儲入蓄電池。但當天氣不好，沒有陽光時，蓄電池就輸出電能，供給所需。奇萊、南湖大山之避難指示燈則不同。它們只在夜間點亮，所以在白天，太陽電池所獲得的電能完全送入蓄電池中儲存。到太陽下山，黃昏後，再由蓄電池供電給指示燈。這種不同的應用，就要靠控制電路來安排。

在前章的最後一節裏，我們提到我們所用的太陽電池是平板固定式。所謂平板是指太陽能面板是平面的，不是曲面的；而固定式則異於追縱式，太陽面板是固定支撐在支架上。當然，這個固定也只是用螺絲鎖上的，並非用電焊將它固定死。面板仍然可以作有限度的轉動，以配合太陽在南回歸線與北回歸線間的移動。在本計劃中，共用了二種面板：一為單晶面板；另一為多晶面板。在3—2節中，我們將詳述它們的功能，並比較它們的優劣。

蓄電池有如農人的水塘，不用水時儲水；要用水時，不怕沒水。

但是蓄電池的特性要比水塘複雜多了。在本計劃中，我們用的是免加水的鉛酸電池。它雖然是1859年由法國人蓋斯頓·普隆特（Gaston Planté）發明，但時至今日，我們卻發現，我們對它的了解還不夠。在3—3節中，我們將簡述它的特性。

負載在本計劃中，雖然只是照明，但在燈具方面，卻不能像一般110伏特之家用燈具那般，樣式繁多，到處都有。因為所用的蓄電池為12V，而12V之燈具均用於汽車或機車上，它們的功率大小，顏色，式樣，都不易與本計劃配合。如果按功率選擇，卻沒有適合的樣式；如好不容易找到適當的樣式，卻沒有所需的顏色。故我們對負載的選擇，無法以我們所想要的來裝設。在3—4節內，我們說明，我們試過的幾種我們能找到的燈具。

在本章最後一節內，我們將說明我們對負載的控制電路。我們已為本計劃設計了十幾個PC板，其中大部份沒有拿到實地去測試，僅在實驗室內測試，在應用前由於某些原因而更改。因為負載不同，我們的控制電路也不同。控制的原則改變，我們設計的方法也跟著改。如果要問，現在的電路是否已經完美了嗎？那只要看每年所推出的電視機內的電路都不同，就知一個電路是很難達到十全十美的。境遷時移，都要作少許的修正。

3—2 節 太陽能板

在前章我們說明了一個太陽電池的構造與原理，但在應用上一個太陽電池的電壓與電流均太小。故爲了增加電壓，我們將幾個太陽電池串聯起來；而爲了增加電流，我們就並聯幾個太陽電池，如此，就形成一個太陽能板。本計劃共用了二種能板。一種是 Arco 製的 M45—L 單晶太陽能板（參見彩色圖一）；另一種是 Solarex 製的 MSX—40 多晶太陽面板（參見彩色圖二）。二者均爲美國廠商，惟 Arco 的面板，可能是其在西班牙的工廠製造的；而 Solarex 者，則可能是其在墨西哥的工廠製造。之所以選此二產品，是因其功能差不多，在台的銷售價一樣，且可使本計劃在應用研究上更完備，更具比較性。

在前章所提的三種矽晶面板。我們獨缺非晶面板，這是有原因的。因爲非晶的效率較上述二種低一倍。故對相同瓦數的應用來說，面積就要增加一倍，這在空曠的平地是沒問題的，但要在崎嶇不平的山上就不易安裝，而且板大招風，落石，枯木擊損的機會較大。況且，非晶還有衰退（Degradtion）的現象，頭一月可能降低功率 12%，拾年後會達到 25%。因此，我們認爲這種面板，不適合我們的應用環境。

比較彩色圖一與圖二可以看出圖一的單晶面板顏色均勻，而圖二之多晶面板就有點花花的顏色，那是因爲每區的晶向不同，對光的反射向不同所致。表 3—2—1 列出這二種面板的長，寬，厚，面積，重量等的大小；及功率，電流，電壓，短路電流，開路電壓的典型值；而最後一項爲該廠對其產品的有限保證年限。由此表知，這二種面板，除保證期限相差一倍外，其餘均差不多。這二個產品在包裝上都增加防潮的能力及減少反光的情況，都經過零下 40℃ 到 90℃ 的溫度測

表 3-2-1 本計劃使用之二種太陽能板之比較

	Arco	Solarex
長 度 (公 分)	108.5	76.4
寬 度 (公 分)	32.8	46.7
厚 度 (公 分)	5.2	5.4
面 積 (平方公尺)	0.356	0.357
重 量 (公 斤)	4.7	5.35
功 率 (瓦)	36.0	40.0
電 流 (安 培)	2.48	2.34
電 壓 (伏 特)	14.5	17.1
短路電流 (安培)	2.8	2.53
開路電壓 (伏 特)	17.6	21.1
保證年限 (年)	5	10

電性的測試是在標準測試條件下進行的，即在AM1.5的光譜分佈下每平方公尺有1000瓦之照度。溫度為25℃。

試及溼度測試。但 Solarex 者又特別說明它的產品曾受 125 mph 的風力*測試及 52 mph 的一英寸的冰雹打擊的測試。在收到貨品在實驗室測量時尚發現 Solarex 太陽能板還裝有 15 伏特的穩壓器。

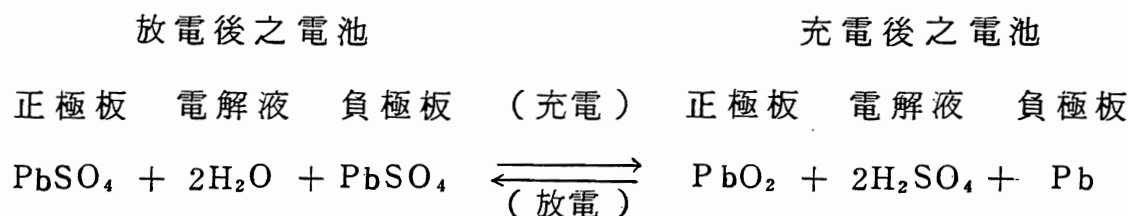
由上述二種面板的相異點，我們定下使用的原則。凡風大，有冰雪的地方應使用 Solarex 的太陽能板。因此我們在奇萊山的稜線木屋（高度 3360 米）裝的避難指示燈就用這種能板。但在奇萊山的成功堡（高度 2880 米）裝的避難指示燈卻用 Arco 太陽能板，因它架設在谷中風不大的箭竹坡上。白楊步道中的太陽能板，本應都用 Arco 者，但爲了比較研究用，有些則用 Solarex 的產品。

* 125mph 之風力相當於每秒 56 公尺之中度颱風。

3 — 3 節 蓄電池

一般所稱的電池是由兩種不同之固體金屬或導電物體浸入酸類、鹼類、或塩類之溶液中所構成，此兩種金屬或導體分別爲電池之正電極與負電極，溶液則爲電池之電解液。藉電極與電解液間所起之化學變化，在兩極間產生電動勢，而對兩極所接之負載輸出電流，此種以化學能轉變爲電能之方法，完全依靠所用物料在其化學變化中逐漸消耗而完成之，俟其物料消耗殆盡，供電能力亦隨之消失，若無法補充物料，則電池之壽命即告終了。此種電池名爲原電池。另有一種電池，雖產生電的原理與上述電池者完全相同，惟由於選配物料有異，在其供電完畢之後，尚可使用與原供電流相反方向之電流通入電池，將已變化之物料經逆轉化學變化而恢復原狀，再生供電能力，循環使用，此類電池名爲次電池，或蓄電池。

蓄電池供給電流於外接電路時，稱爲放電，而將與放電時相反方向之電流通入電池，稱爲充電。蓄電池之電極與電解液，雖在放電時化學變化過程中消失或變爲其他物體，但在充電時之逆轉作用中又可使之還原。故放電與充電乃在利用其化學變化之可逆性而作化學能與電能間之轉換。本計劃中所用之電池爲鉛酸蓄電池，其化學作用方程式如下：



蓄電池之容量是表示其可供輸出之電能而言，以安培小時 (AH) 來表示。所謂安培小時就是蓄電池完全充電後，在電池溫度 25℃ 以一

定值電流持續放電至最終電壓與所持續時間之乘積，即為蓄電池之容量。如某蓄電池為 80 AH，放電到終止電壓每電池 1.75V 前，可以連續以 10A 使用八小時。在理論上，好像這個電池也可以連續以 20A 供電四小時；以 40A 供電二小時，或 80A 一小時，但實際上在大的放電率（大的放電電流）安培小時容量減小，在小的放電率安培小時容量增加。如：一個 8,000 AH 蓄電池，則有

以 900 A 供電，可連續使用 10 小時得 9,000 AH

以 1,000 A 供電，可連續使用 8 小時得 8,000 AH

以 1,400 A 供電，可連續使用 5 小時得 7,000 AH

以 1,860 A 供電，可連續使用 3 小時得 5,580 AH

以 4,000 A 供電，可連續使用 1 小時得 4,000 AH

可見電池容量依放電率而不同，急放電時之容量會大幅度減少，但是急放電到達終止電壓後，極板上仍有多量未反應之有效物料，如以較低之電流再行放電，仍有取出電能之可能，常稱此為剩餘容量。所以，高放電率時容量較小而在低放電率時容量較大，且在間歇放電時之容量，亦較連續放電時之容量為大。

在同一放電率與終止放電電壓之條件下，放電時電池溫度之不同也會影響容量之大小。因蓄電池之端電壓，電解液內阻，以及電解液之擴散力，在較高溫呈現較佳的條件，結果使電池之容量增加。反之溫度低下則容量減少。

下表為容量與溫度關係的一個例子：

放電溫度	40 °C	30 °C	25 °C	10 °C	5 °C	0 °C	- 10 °C
容量 %	110	104	100	90	85	80	62

由此知，我們在奇萊、南湖大山上之蓄電池容量在冬天時會降低，在設計時要特別注意。

鉛酸蓄電池內電流所經之導體均有電阻，除極板，連接條及接線端等有小量電阻外，大部份之電阻，存在於電解液和間隔物之中，此介於電池兩接線端以內之電阻名為內電阻，其大小，隨電解液濃度，間隔物之性質，極板之大小及距離而定，如電解液較濃，間隔物易透液體而極板面積較大者，均使內電阻較小。故充電充足時，內電阻較低；放電漸久，內電阻亦隨之漸高。尤其在放電末期極板所形成之 PbSO_4 為不良導體，內阻較高。

一般蓄電池之端電壓不管蓄電池之大小如何，其端電壓皆每電池約 2 V，然尚須依其極板之材料與電解液濃度而定。其端電壓在剛剛放電時會突然下降，其後下降的速度為先緩而後漸速，到最後之終止電壓約為每電池 1.75 V，此時可認為該電池放電已罄，不能再用，必須施行充電。蓄電池充電時，端電壓之上升亦會先快後緩，一直到充足時可達每電池 2.1 ~ 2.3 V。如再繼續充電，可使端壓急速升高至每電池約 2.5 V 左右。但在充電電流停止後，電池之端壓即回復其正常在每電池約 2.2 V 之數值，可供放電使用。

在本計劃中，我們共用了四個不同容量之電池：15AH，24AH，38AH，及 65AH。它們的廠牌均是 YUASA 者。這只是使將來在測試各各蓄電池的效果上比較單純。在未來的計劃中，我們也想比較不同廠牌的效果。由於低溫度會減少容量的關係，在奇萊，南湖大山上用的蓄電池皆為 65AH 者；而在白楊步道中，則四種蓄電池，配合二種太陽能板，作出各種組合，以便比較研究之用。

3—4 節 燈具

在本計劃中，太陽能板是個供電單位，燈及控制電路是個耗電單位，而蓄電池在充電時是太陽能板的耗電單位，但在放電時，卻是負載的供電單位了。故燈是本光電系統中最主要的負載，它耗電的大小，直接與太陽能板的大小，蓄電池的容量有關。由於要在山中架設太陽能板，其大小最好是愈小愈好，故原則上，燈的耗電瓦特數，也應愈小愈好。但後來發現，能用的燈具實在有限。燈具店的燈都是用於110～120伏特之家電用燈。12伏特的燈，只能在汽車或機車材料行中找。但那些燈，並不見得都能掛在隧道壁上。茲說明，我們在測試時曾掛在白楊步道第二號隧道內之三個燈具。

第一個燈具，原本是個太陽能庭園燈，我們只用它的燈及其反射鏡。它是個低瓦特的燈，只有0.36瓦。因為它有反射鏡，故有方向性。在試驗時，我們裝了二個，一個對洞口，一個對洞尾。試驗的結果發現，只有走到它的方向內時，才看到它很亮；而在它的方向外，則看不到光，洞壁也不反射光，故這個總共0.72瓦的組合，不適用於本計劃。

第二個燈具，原本是汽車的第三剎車燈，我們只將它紅色的塑膠透光蓋子改成白色的（參看彩色圖片三）。它的外型比前一個小多了，但也有個反射片，故它也有方向性，但比前者差多了。它有12瓦的耗電量。在試用時，我們發現在它的方向實在過亮；而在其方向外，是有一點光，地面也會反射一些光，但整體上，光還是太集中。

第三個燈具，是我們自己組合的。由於前二次的試驗，我們要找的是一個，本身不需要很亮，但能將光四面八方發射出去的燈具。因

爲在市面上，找不到這樣的組合，我們就自己設計了。我們用的燈泡是 600 ~ 700 mA 之汽車或機車用燈；我們用的燈具是高 8 公分多，直徑約 6.6 公分之裝醬菜之玻璃罐。在其蓋的內面中心裝上燈座，它的外面則藉螺絲鎖在鋁片固定架上（參看彩色圖片四）。因爲此蓋容易腐蝕，故在其內，外，邊緣均塗以 Silicone 防水。如此的組合，具有 7.2 ~ 8.4 瓦的鎢絲燈的亮度，其發散情況非常良好。因此，我們就決定用它來裝隧道燈。

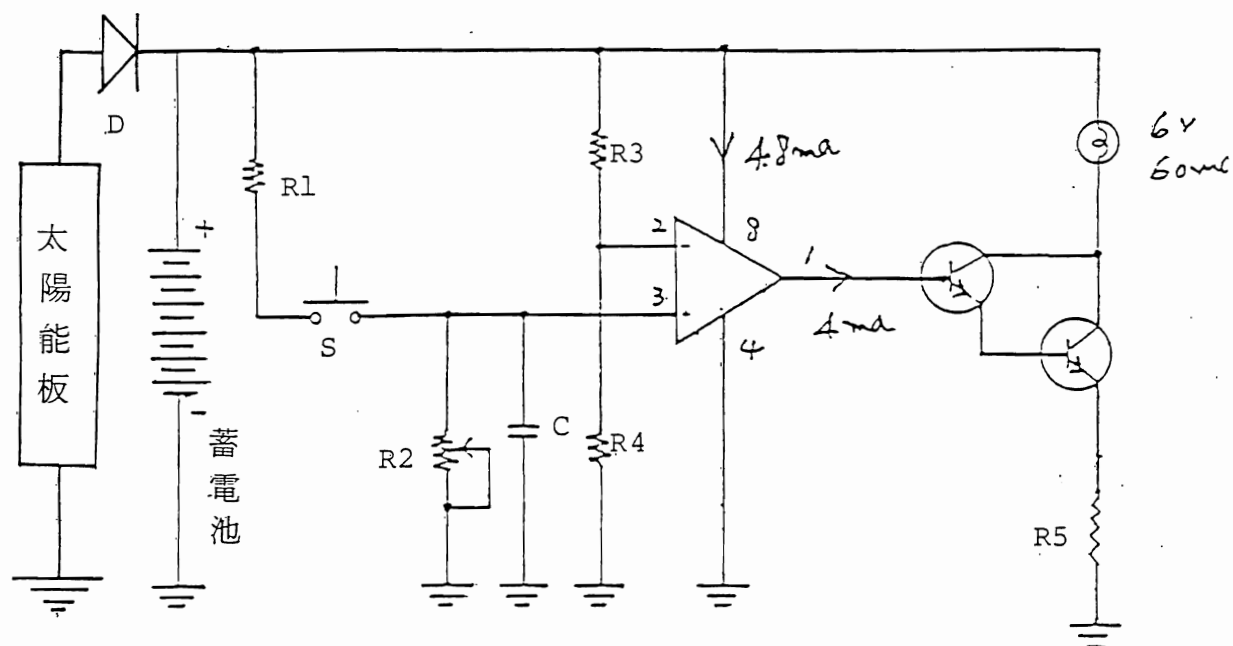
當然，我們並不認爲，目前所用的燈具組合“甚有格調”。我們還要繼續尋找更好的，甚至，如有適當的經費，我們還可以爲這個燈設計它的外型，開模子製造。

3 — 5 節 隧道燈控制電路

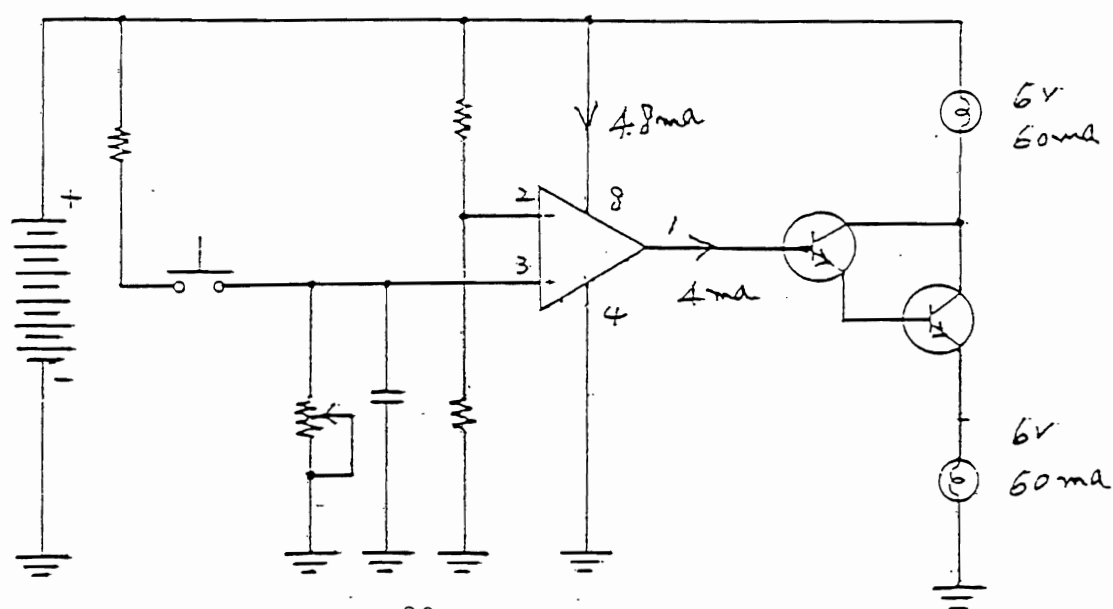
隧道燈的控制電路引導太陽能板的電流流向蓄電池與負載；而蓄電池在放電時絕不可流向太陽能板，只可流向負載。由於隧道燈是靠遊客按鈕點亮的，且是個自動熄滅的方式，故其控制電路需要一個計時的小電路及一個比較器。因為控制電路主要是要點燈的，所以其電路與燈的瓦特數有關，而其基本型式則不變。

圖 3 — 5 — 1 是為上節所述第一個燈具所設計的電路。甲圖為原型電路，是我們當初設計時最後定型者。二極體 D 只讓太陽能板之電流向右流，而不讓蓄電池之電流向左流。如果天氣好，太陽能板的電流可以向蓄電池充電，也可對負載作功。如果天氣不好，蓄電池就會對負載供電。作比較器用的運算放大器是接受什麼時候亮燈及亮多久的單位。它有二個輸入端，以“+”與“-”表示。負端以電阻 R3 與 R4 分壓蓄電池的電壓，使負端約有 0.8 伏的電壓。正端則以 R1 由蓄電池正端引入，經按鈕 S 接來。且在其間有可變電阻 R2 並聯電容 C 接地。當有遊客經過，按下電鈕 S 欲開燈。此時，供電單位馬上向電容器 C 充電，故比較器之正端在此時有 12 伏之高電壓。因為正端電壓大於負端電壓，所以比較器對其後之電晶體組供電，電晶體啟動後，燈泡隨即獲得供電單位的電能而點亮。當遊客鬆手後，按鈕跳開，電容器 C 經 R2 放電，正端的電壓開始下降，經過一段時間後，正端的電壓小於負端的電壓時，比較器隨即關掉電晶體而關燈。亮燈的長短可由改變 R2 的數值而獲得。我們的設計是將 R2 與 C 組合之計時在二分鐘到五分鐘之間，視隧道的長短而定。乙圖為改良型，是真正裝在隧道中試驗的。因為甲圖之 R5 與一個燈泡差不多，故為了增

圖 3 - 5 - 1 (甲)隧道燈之原型電路



(乙)改良電路 (第一種燈具)



加亮度而改用燈泡了。由圖上之電流數值顯示，只有流入比較器的 4.8 mA 不是為發光用。所以發光用之電功率除以總電功率之比值為：

$$\text{比值} = \frac{2(6 \times 0.06)}{12(0.06 + 0.0048)} = 0.93$$

如此使大部份的能量均用之於照明，達到節省能源之目的。

圖 3—5—2 與圖 3—5—3 為標準電路，分別為前節第二個燈及第三個燈具所使用者。第二個燈具雖沒有被選上為隧道燈具，那是燈罩不好，不是燈泡不好。這二個電路與圖 3—5—1 者可說完全一樣。只是前者均為 12 伏特燈泡，而後者為 6 伏燈泡，故此二圖只能用一個燈泡。省去二個燈泡像串聯一樣，一燈燒斷，另一燈也不亮，還不知道是那一個燈泡燒壞的問題。由二圖上的數值知，它們的比值分別為 0.965 與 0.95，均比前圖更有效。但在原型系統設計時，是以 15 AH 之蓄電池為供電儲能中心。現如用 1 A 之燈泡，恐不足以維持最差期間的用電量。故在白楊步道裝燈時，將選用各種容量的蓄電池。

圖 3—5—4 是我們準備在白楊步道使用的電路板電路，是二組圖 3—5—3 之電路之合成，如此，只需用一個按鈕來控制多組燈具。

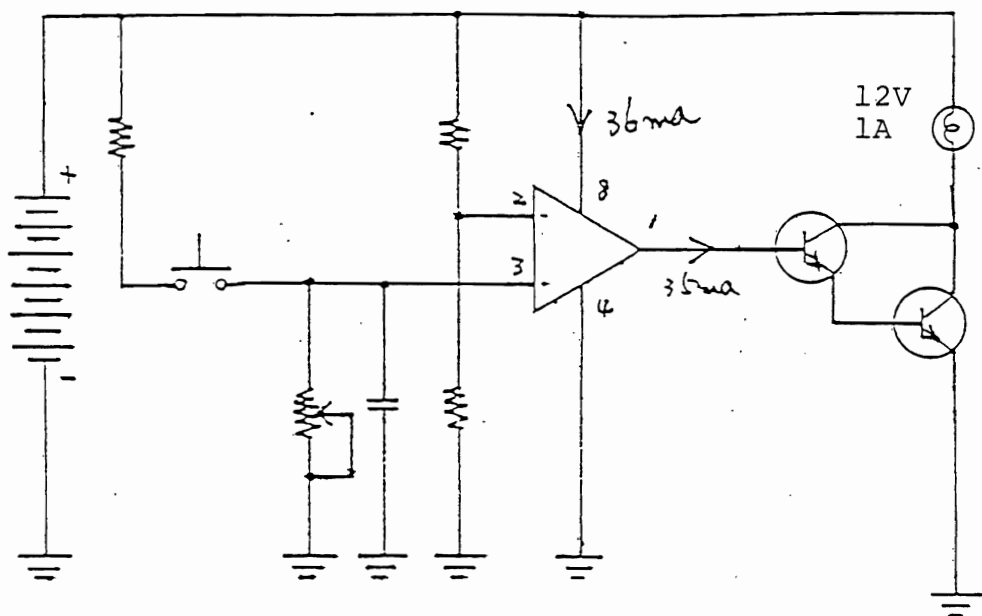


圖 3 - 5 - 2 第二種燈具之電路

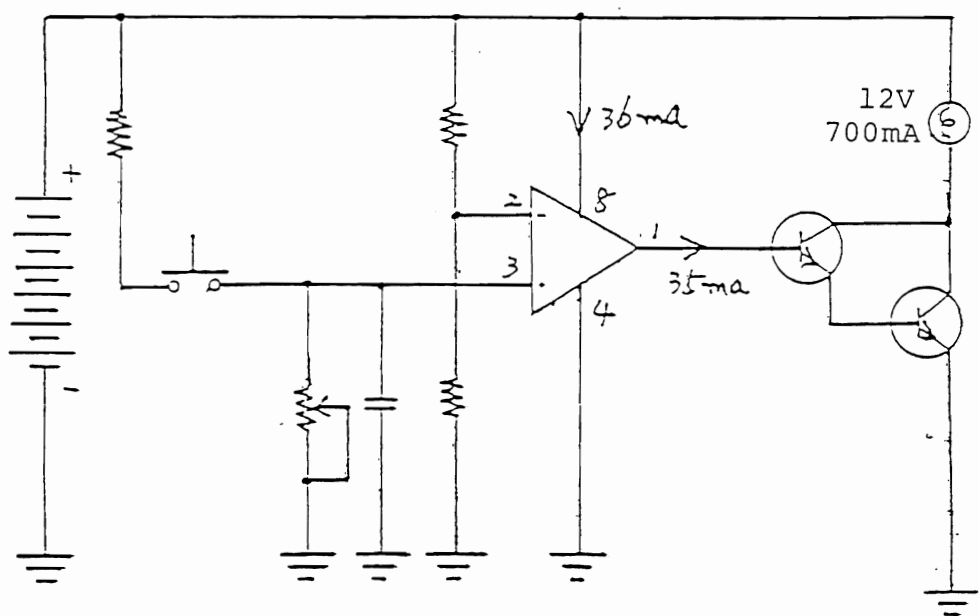


圖 3 - 5 - 3 第三種燈具之電路

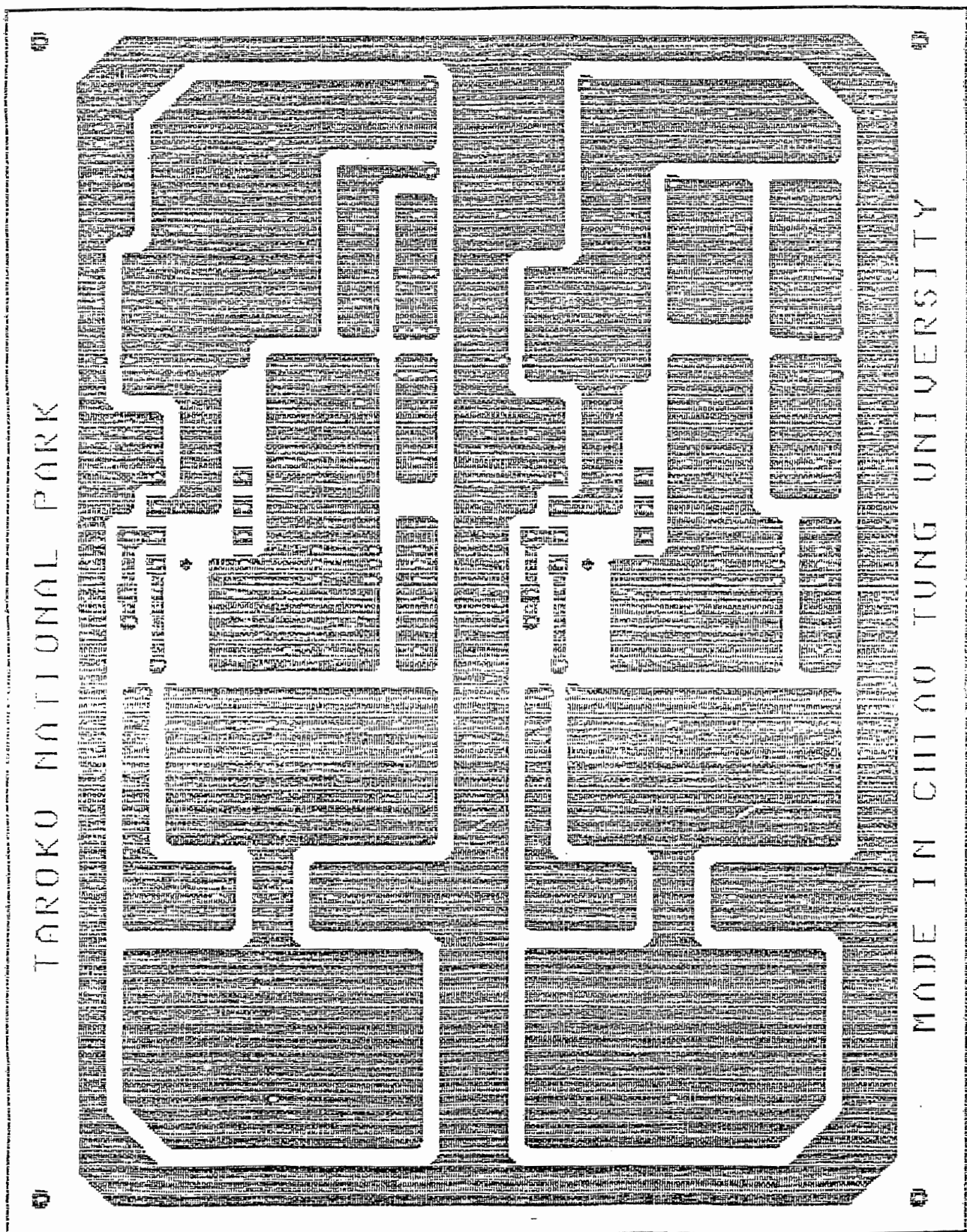


圖 3 - 5 - 4 隧道燈之控制電路板

第四章 討論與建議

4—1 節 簡介

在前一章內，我們說明了光電系統中的主要成份，即太陽能板，蓄電池，燈具，及控制電路等。而在本章內，我們則要討論系統中的次要成份，即：支架，電線及控制箱等。這些東西，在最初試驗時期時，並沒有很嚴肅地正視它們，但後來，經過幾個月的實地觀察，漸漸發現它們會影響主要成份的功能，不能不注意。

太魯閣國家公園的範圍在北回歸線之北，因此我們所使用的太陽能板的裝設，就要像我們中國人買房子一樣，要講求坐北朝南，才能面對著太陽，吸收可能的最大能量。這下子，支架的擺法就很重要了。就緯度的大小看，公園均在北緯24度上下。白楊步道在24度11分附近；奇萊主峯，稍南些，在05分的樣子；而南湖大山最北，約到22分。所以，當太陽在冬天在南回歸線時，整個園區的太陽能板都要傾斜到47度半上下。在4—2節內，我們將詳述支架的重要性。

在4—3節內，我們要說明電線的選擇。電線在電路中是當連接線用。一般在電路學中均視連接線為沒有電阻的良導體。但實際的電線卻不是。如果在用之前沒有好好考慮的話，它會影響電路的功能。在4—4節內，我們將說明我們對控制箱的選擇及附在其上的按鈕。

在最後一節內，即4—5節，提出幾件尚需注意的事項。

4—2 節 支架

平面式太陽能板是本計劃發電的來源，但讓不讓它發揮最大的功能卻在於支架的安裝。太陽能板兩端支架的裝設，會影響能板吸收太陽能的三個角度，即：水平角，東西向的偏角，及傾角。將能板兩端支架的支點連成一線，此線與該處水平面間的角度定為水平角。此線在水平面的投影與東西方向的角度定為東西向的偏角，或簡稱為偏角。能板的法線在南北面的投影與天頂（Zenith）間的角度稱為傾角。在實用上，我們要使水平角與偏角盡量等於零，這樣，傾角就是能板與水平之間的角度。所以，支架裝設的好壞，就看水平角與偏角是否等於零。在此情況下的傾角就是我們轉動能板使陽光在正午時間會垂直照射於能板上，這樣就可獲得可能之最大能量，這個角度，我們稱之為適當傾角。因為太陽是在北回歸線與南回歸線之間移動的，故在理論上，每天的適當傾角均應不同。不過，我們並不需要每日去調整，如果可能，每月調整一次；如果不可能，每季調整一次。於是，像在白楊步道中之能板，可每月調整；而在奇萊，南湖中者，就每季調整了。照這樣看，支架好像不會影響傾角才對。只是當支架裝設不好，會妨礙能板的轉動。故在表 4—2—1 中，所列之“最大傾角”就是指支架使能板轉的最大角度。

太陽傾斜角，或我們簡稱它為太陽角，是太陽的光線與赤道面間的角度。在每年三月21日附近，也就是農曆的春分附近，太陽直射赤道，所以太陽角為零度。到六月21日附近，農曆的夏至附近，太陽向北移直射北回歸線，所以太陽角是23度半。到九月21日，或秋分，附近，太陽又回到赤道上空，太陽角為零度。最後在十二月21日，或冬

至，附近，太陽向南移直射南回歸線，太陽角是負23度半。

由球面幾何學，我們可得太陽能板的適當傾角與緯度和太陽角的關係，即：

$$\cos(\text{傾角}) = \sin(\text{緯度}) \sin(\text{太陽角}) + \cos(\text{緯度}) \cos(\text{太陽角})$$

故以園區的大部份在北緯24度，太陽角在南回歸線時，所算出之適當傾角為肆拾柒度半。故支架的最大傾角至少需47.5度。78年10月27日在奇萊成功堡的太陽能板的適當傾角為40度，由上式反推得當時太陽是直射南緯16度處。

由於在園區內之能板將會很多，也為了以下稱呼方便起見。茲以前二字代表區域，後面的數字代表面板號數。如：白楊6—3為白楊步道內第6隧道之第3太陽能板；奇萊2則為奇萊山中之第二太陽能板，這個數字是以裝設的先後次序定的，至於它的位置在那就不能從此數字看出。故以奇萊1為成功2號堡避難指示燈之太陽能板；奇萊2為稜線木屋者之太陽能板；依此類推。

白楊步道內之能板支架為外徑6.2公分，2mm厚之不銹鋼鋼管，堅固耐用。彩色圖八是白楊3—1與3—2太陽能板，可看到它們的支架；彩色圖九是白楊6—1至6—4能板，特別顯示它們的支架裝設情形。太陽能板3—1是在去年夏天裝設的，它本來是對隧道2之試驗性燈供電。現在試驗期已過，且該隧道事實上並不需要裝設隧道燈，反而是緊接在其後的隧道3有裝燈的必要。故在本年度的工程中，會將隧道2的燈移入隧道3中。問題是該能板的支架設計失誤。因為在夏天的適當傾角幾乎等於零，當時並沒有想到冬天的傾角會達到肆拾幾度。後來發現該支架之直徑過大會妨礙能板傾斜的能力。它的

最大傾角只有24度（參見彩色圖十），只適合春分至秋分的半年內的陽光轉變，故需要調整。有了這一次的經驗，後來裝的能板，都能避免這個失誤，使最大傾角都能達到90度（參見表4—2—1）。就絕不會有調整傾角的困難了。

奇萊山中之能板支架用鍍鋅角鋼，它雖不夠堅固，但輕便易於攜帶，利於在高山中作業。奇萊1能板架設在堡後之陡坡上，被風吹壞的可能性小，被碎石，斷枝，或枯枝打壞的可能性有，但其四周均為高箭竹叢，除非很巧，其安全性還是很高的。之所以選擇該地點是因其日照時間比附近其他地區久，大概從早上9時半至下午三時之間（此為去年10月26日，27日在該處架設避難指示燈時所觀察之結果）。奇萊2是架設在稜線木屋後旁之矮箭竹上，其四周相當寬廣，沒有什麼東西會遮住陽光。太陽從早上六時許在對面的太魯閣大山之右側峯頂上出來，到下午五時在奇萊山脊下去，都可照到它。所以，日照時間非常理想。但它置於大家都可碰到的地方，它可是對山友是否有公德心的最佳試金石，它最易遭受干擾的是傾角的變動，也許大家想看看面板上是什麼樣子而轉動它。除此之外的自然破壞就是颱風了。它的對面是個風口，颱風從那灌入，順著山坡而上就會衝擊它。今年年底就可知道，目前的支架是否經得起這樣的考驗。彩色圖片十一為奇萊2能板之支架。

粗鋼管對東西向的固定也較困難，因為鋼管是圓的，不易掌握它的方向，也不易調整。不像角鋼是直角的鋼片，不但方向容易看出，而且如有些許差錯，也可扭曲鋼片加以調整。除了鋼材的關係外，土質也有關係。白楊者，3—1，3—2是架在石頭堆中；而6—1至

6—4 是在岩石旁，故均需挖洞上水泥。如果沒有安排好，一上水泥，就不容易調整了。但奇萊者均架在箭竹下的鬆土中，可先用錘子打角鋼入土，再測試其方向，如不對，可拔起再定位；如正確就用力打入，只要深度夠，也相當結實。表 4—2—1 中列出它們的偏角。與最大偏角一般，最先裝的偏差最大，居然有 34 度之多（參見彩色圖十二），在本年度的工程中，也要加以調整。其他的只有 6—1 者稍大，餘均小於拾度，但它們都曾重新裝設過，才有這樣的結果，可見粗鋼管架設之不易。

鋼管及角鋼對水平角的影響與對東西向的影響相同，土質的情況也一樣。從表 4—2—1 中可看出它比東西向偏角容易掌握，六個支架均不超過 2 度。奇萊山的二個支架，它們的偏角與水平角都很小，幾乎為零。綜合我們在架設上的經驗，判斷鋼材與土質對東西向偏角的影響，最佳的組合為角鋼與泥土，再來為角鋼與岩石，鋼管與泥土，最差為鋼管與岩石；但對水平角的固定，最佳仍為角鋼與泥土，其次為鋼管與泥土，角鋼與岩石，及鋼管與岩石。其差別為泥土容易上下，故易於調整水平。角鋼可以扭曲，易於東西向的調整。

表 4—2—1 列出目前在白楊步道中已經裝設之六個太陽能板之基本資料。與本節有關的是 5，6，7，9 諸項。前三項已於前述三段中提及。惟最後一項是在今年元月 12 日所測得之結果。稀奇的是四個適當傾角均超過 47 度半之計算值。再以前述公式求太陽角為 24 度，25 度，及 26 度時之傾角，分別為 $48^{\circ} 10'$ ， $49^{\circ} 10'$ ，及 $50^{\circ} 10'$ 。故所量得之適當傾角若非量角器之誤差，則太陽角有可能低於南緯 23 度半了。

表 4 - 2 - 1 白楊步道六組太陽能板之數據

能板號數	3-1	3-2	6-1	6-2	6-3	6-4
1 能板廠商	A r	S o	A r	A r	A r	A r
2 應用隧道號數	3	3	6	6	6	6
3 架設高度 (m)	5 5 0	5 5 0	5 9 0	5 9 0	5 9 0	5 9 0
4 電池容量 (AH)			2 4	3 8	6 5	1 5
5 水平角 (度)	~0.1	1.6	0.8	0.1	0.0	1.0
6 偏 角 (度)	3 4	8	1 8	2	0	4
7 最大傾角 (度)	2 4	9 0	9 0	9 0	9 0	9 0
8 測試日期	79 年 1 月 12 日上午 9 時 54 分					
9 適當傾角 (度)			5 0	5 0	4 9	4 8
10 開路電壓 (V)			1 6	1 6	1 6	1 6
11 短路電流 (A)						
12 電池電壓 (V)			12.5	12.5	12.0	13.0
13 充電電流：						
有負載 (A)			2.0	1.0	1.5	1.2
無負載 (A)			0.65	0.70	0.70	0.80

* A r 為廠商 Arco ; So 為廠商 Solarex

4—3 節 電 線

電線的選擇在功能上應選電阻值愈低愈好，但反應在價格上則成愈低愈貴。在本計劃的試驗期時，開始時用的是一般的紅白花線，被覆內包的是銅線，一百公尺有拾幾歐姆。因為當初用的是第一種燈具，它的燈絲電阻有一百歐姆，再加上試裝的第2隧道並不長，故用這種電線尚不致影響燈具的功率。但後來改用第二種燈具時就有問題了。因第二種燈具的燈絲電阻只有12歐姆，這樣線的電阻與燈絲者差不多，燈具只能發揮一半的功率，亮度只有一半。於是改用較高級的鍍錫喇叭線。在規格上它有二種：一種是12號線，直徑3.5mm，價格為每一百公尺1250元；另一種是14號線，直徑2mm，價格為每一百公尺788元。第一種的電阻當然比第二種低，但因第二種的電阻每公里只有9歐姆，則每一百公尺還不到一歐姆，可以使第二種燈具發揮它的全部功效，而在價錢上也較便宜，故從那時起，我們就固定採用該種電線。後來換上第三種燈具，因其電阻接近20歐姆，這種電線自然也沒問題。

此線為美國進口者，為其麻州之DENARDO WIRE & CABLE公司所製造。該線共有41條，直徑0.3mm，之鍍錫銅線纏繞而成，外被0.7mm厚之耐溫耐壓塑膠，當作戶外的連接線用相當適合。

4 — 4 節 控制箱

控制箱的選擇，在開始時，根本沒有深思。因為它在理論上並沒有好壞的基礎。只要堅固耐用，夠大就行了。試用時的控制箱，就是這樣在水電行，比了大小，白鐵不生鏽，看起來還堅固就用了。用後發現，鐵皮還不夠厚，按鈕處有明顯的凹入。所以，後來，做奇萊山用的控制箱，我們就慎重多了。因為要用的蓄電池是65 AH的，其體積與重量都很大。一般現成的白鐵箱都不夠大，故需找一個專做鐵櫃的工廠定製。選用2mm厚之中鋼一級鐵板，先用硫酸清洗表面的鐵鏽與污垢，再經磷酸鹽皮膜處理加一層保護膜，最後用靜電粉體塗裝使表面看起來鍍一層瑛瑯漆一般。箱的大小為長50.3 cm，寬24.2 cm，高30.2 cm，重量為12公斤，堅固耐用可說沒問題，但背上奇萊山可累壞人。白楊步道6號隧道的控制箱，也用相同的材料。因為6號隧道要裝四個燈具，如用四個小控制箱，不如用二個大控制箱較方便。惟一與上不同的是鎖的型式。前種為扳手帶鎖，後者為平面式開關。因控制箱要嵌入隧道壁中，如有個突出的扳手則相當礙眼，車子經過也會碰壞。改為平面式，除了上述理由外，它也不易被人扳開。彩色圖片十三為在奇萊山2號堡中之控制箱裝設情形。

在本計劃中各項組件的品質考驗莫過於裝於白楊步道隧道燈控制箱上的按鈕了。在試用期間，使用的是一種方型綠色按鈕，隨著日月的交替，首先它的綠色開始淡化成白色。最後，連按的東西都不見了，裏面的彈簧吊在按口。打開箱子一看，居然連裏面的接線也斷了。可是，當初在實驗室裏設計的那個綠色按鈕，仍然工作如常。顯然時間不是惟一的因素，可能按的次數很多，把綠色都摸白了，天氣應該

也有點影響。至於斷線的問題，那可能是按鈕壞了，燈不亮，遊客旋轉方型外殼而將裏面的連接線弄斷。現在用的是一種紅色圓型按鈕，說是市面上最貴的一種，應可耐久。圓型亦可避免被旋轉而弄斷裏面的連接線。

其次就是上述控制箱上的鎖。奇萊山 2 號堡內之控制箱在去年 12 月 14 日我們上山複檢時發現被人扳開，蓄電池到控制電路的連接線被拉離，地上找到一個燈泡。判斷為有人偷蓄電池的電點燈。所以，白楊步道內的控制箱就不再用扳手型式的鎖，以免被用力扳開，而改用平面式的鎖，又正巧平面式的外形也較適合隧道內的應用。

4 — 5 節 注意事項

首先要注意的是生銹的程度。白楊 3 — 1 是最先裝設的能板（在去年五月間），它的四周已有幾顆螺絲生銹，它的護架綠漆角鋼在切割處也生銹，而奇萊山的二個能板與鍍鋅角鋼在上次複檢時還看不到生銹的地方。因為白楊的裝設日期比奇萊的早五個月，故不能就此斷定奇萊者不會生銹。奇萊 1 與白楊 3 — 1 是同廠的產品，較易比較。除時間因素外，高度也是個因素。奇萊 1 的高度是 2880 米；白楊 3 — 1 只有 550 米。一般來說，愈高，酸雨的情形與塩分的含量愈少，腐蝕的情況要好得多。如果可能，以後在各螺絲處，螺紋線均應噴上白漆，然後再觀察其生銹的情形。

事實上，當我們在觀察時，應分辨自然的破壞與人為的破壞，再依太陽能板，支架，電線，燈與燈具，控制箱，蓄電池，及電路的次序逐項觀察並記錄。我們雖以「破壞」名之，但並不是說一定要使之破使之壞才算。如上段所述之生銹就屬自然的破壞，其他如在太陽能板上有很厚的灰塵，有鳥糞，減少太陽光的穿入；支架如被風吹彎，因地形變動而扭曲；電線如被鼠蟲咬破；燈如燈罩內積水，或表面污黑；控制箱也可能積水；蓄電池則因如有高電流進出，電極產生高熱，腐蝕接觸表面，使接觸電阻增加，而電流流通困難；控制電路板如其上焊接之連接線鬆脫等均屬之。凡不屬於人為的，會影響該組件之功能或使用期者，都可視為自然的破壞。這些小毛病在定期的維修時應可自行處理。如發現電池表面有裂痕，電極鬆動，電解液外溢，電池本體變形等，應立即替換新品，並要了解原因，以防再度發生。但在調換時，手應戴可以耐酸的塑膠手套；如箱底尚有酸液，應擦拭乾

淨後才裝新品；如酸氣很重，應先避開，等酸氣消散後才處理。雖然這種狀況不多見，但不可不注意。如控制電路板斷裂或遇無法處理的情況時，應速通知委託單位。

每次維護時，除了維持各燈具之表面功能外，如能測量一些數據，更可預測其功能的變化，而作適當的準備。下述之測量項目，僅係建議，並非必要。如太陽能板的基本三角：適當傾角，東西向的偏角，及水平角。照說偏角與水平角本應在裝設時，就已固定不變了，但地形也許會變動，只是它不是幾年就測得出來，故在此三個角度中，適當傾角較重要，每次都測；而其餘二角，一年測一次就可以了。其次是量電性的數據。在日間量太陽能板的開路電壓，閉路電流，及蓄電池的端電壓，如能從早上8點每小時量一次到下午五點那是最好。對高山上之避難指示燈，再加量夜間蓄電池的電壓從午後6時至10時或12時，且記錄其每分鐘閃滅的次數。在日間如能量太陽能板充蓄電池的電流則更好。為了方便測量這些數據，我們才在電路上再裝二個開關及測試梢等。

至於人爲的破壞，實非我們能夠控制。近來民主意識的高漲已超出了團體生活的規範。在無知的自由衝動下，產生一種突發的破壞傾向。事實上，我們還懷疑他們是否對其所爲的成果感到滿足。因此，我們所能作的，就是加強宣導。對他們手能碰到的東西，都能掛牌加以說明，如稜線木屋的太陽能板，在支架間吊一說明牌，書上“請勿轉動面板，以免影響太陽能的吸收。”

第五章 結論與未來計劃

5 — 1 節 簡介

本章在 5 — 2 節內綜合本計劃所有研究工作的成果；在第 5 — 3 節內提出未來的計劃；在 5 — 4 節內對所附之彩色圖片作一個說明；而在 5 — 5 節內則是計劃主持人的感謝語。

5 — 2 節 綜合成果

本計劃最主要的目的是研究並證實在太魯閣國家公園的範圍內，可以應用太陽能來做照明之用。在白楊步道第二隧道的試用隧道燈，自去年五月間裝妥後一直到現在已有半年多，其間燈型，按鈕，電線，及控制電路，均先後改良過，但燈是一直可以點亮的。在奇萊山的壁難指示燈，亦自去年 10 月下旬裝上後，經過 12 月中旬的複檢，一切情況良好。將在今年四月間，再上山複檢一次，看看是否還需改進的地方，以爲五月上南湖裝燈的準備。

白楊步道第六隧道的隧道燈是本計劃的成果。該隧道自水泥橋進入後，先轉右，繼偏左，再轉右後地勢呈直線上坡而出。該隧道長爲 133 公尺，入洞十幾公尺後進入約六十公尺之黑暗區，過後即可看到洞尾的亮光。所以黑暗區在二個右轉間，沒有洞口與洞尾的亮光，非常黑暗，遊客若無燈具，常會碰避。在當初的計劃內，原擬裝二組太陽能板，後來爲了增加亮度，再加裝二組經濟部能源委員會提供的能

板。四組太陽能板均裝在洞口左邊之山坡上，如彩色圖片一及圖片九所示。連接線將太陽電能導入控制箱中的蓄電池。每個控制箱控制二個燈，有二個蓄電池，接二個太陽能板。爲了使四個燈同時點亮起見，只用一個計時單位。彩色圖片十四顯示二個控制箱的位置，只有上面的控制箱有個紅色按鈕。彩色圖片十五爲上面控制箱的內部配置情形，兩邊各置一蓄電池，中間爲控制電路板。燈由遊客按鈕點亮，亮的時間大約爲2分半的時間，足夠讓遊客穿過。如果前按尚未終了，後按接上，燈仍然會亮到以後按起算的2分半。兩個洞口均有按鈕，只要一鈕按下，四燈同時點亮。因爲二個控制電路的IC有誤差，故熄滅的時間有一點不一致。

這種由遊客按鈕點燈的方式，因具有自動熄滅的裝置，對節省能源而言，很有功效。至於需要遊客舉手一按，是否適當的問題，應不是著眼於加累於遊客，而是按鈕的效率問題。如果按鈕常常故障或不耐久，又沒有更好的按鈕，則應考慮他法點燈。例如，用紅外線感測是否有人在洞內，有人則亮，無人則熄。這種方法，在一單純的空間，有人試過可行，但在彎彎曲曲的隧道中，則還沒有人試過。以後有機會，當研究其可行性。還有另一種方法，就像裝在電梯門中的一樣，用光電來測知是否有人進來或出去。這在技術上可行，但光線要比電梯中亮，因電梯門只有二人寬，而隧道口則至少大個二倍，且光線要一直亮著，可見耗電量相當大，似乎並不理想。其實，紅外線的方法，也要考慮能源消耗這一點。

茲按本計劃中之研究內容，分別列出各項研究的結果：

(一) 太陽能最差情況之研究

太陽能的日照量大致從四月到十一月間為好的期間；而從十一月到四月間為差的期間，由於園區日照資料尚無壹整年之穩定數據，故無法從資料分析得太陽能最差之情況，故改用實地測試之方法。表 5-2-1 為去年四月下旬做的實地觀測。四月底的天氣已從太陽能日照量差的期間進入好的期間。該日的測試結果有 4 ~ 5 小時之陽光（詳見本計劃期中報告）。因此我們定下太陽能最差情況為每日平均為 6 AH。由此需要選購大於 2 A 之太陽能板。

(二) 最佳裝備之研究

由(一)部份之 6 AH 最差情況，如需供電 8 ~ 10 小時之電力，則最佳燈泡之電流範圍需在 600 mA ~ 750 mA。因為電壓為 12V 之蓄電池，如此得 7.2 ~ 9.0 瓦。這是為什麼我們在試驗期尋找(1)低於 1 瓦；(2)數瓦；(3)高於 10 瓦等三種不同之燈泡，而最後選上 8 瓦者為標準。

為了研究最佳太陽電池面板，我們選用了二種材料，即單晶與多晶者。奇萊 1 為單晶；奇萊 2 為多晶。白楊 3-1 為單晶；3-2 為多晶；6-1 至 6-4 均為單晶，但 19-1 至 19-3 則均為多晶，詳細分佈情形請見下節。白楊步道第 6 號隧道的燈具為本年元月完成，故在 1 月 12 日上午 9：54 AM，我們測得一組完整的數據列於表 4-2-1（在第 39 頁），而奇萊山者，每次均來去匆匆，沒有完整地測量。所以，目前尚無足夠資料判斷何者較佳。

為了研究最佳蓄電池，我們對白楊步道的 8 個要裝隧道燈的蓄電池做不同組合的分配。如在第 6 隧道，我們用四面同產牌之單晶太陽能板，但用四個不同大小的蓄電池容量，即：15 AH；24 AH；38 AH；65 AH 等（參見彩色圖片十五、十六）。在位置的安排上，我們也費

表 5 - 2 - 1 實地觀測之結果

日 期	78 年 4 月 27 日			
地 點	在水濂洞步道的尾端之沙石上測試			
序數	時 間	短 路 電 流	開 路 電 壓	溫 度
1	10.00AM	Isc=470mA	Voc=19 V	T=28.5°C
2	10.31	460	16.5	31
3	11.00	457	16.2	38
4	11.31	462	16.2	35
5	12.00	500	16.7	37
6	12.30PM	500 350	18	28
7	12.43	150	16.5	28
8	13.00	150 500	17.5	29
9	13.30	200	17.8	26
10	14.00	50	16.1	22

SPECIFICATIONS for SEG-364:
(Tested at AM1, 100mW/cm² and 28°C)

Open Circuit Voltage, V _{oc}	17.0 V
Short Circuit Current, I _{sc}	0.5 A
Current at Peak Power Point,	0.45 A
Voltage at Peak Power Point,	14.0 V
Power	6.3 W
Dimensions	32*34*1 cm ³
Weight	0.9 Kg

了一番思考。接近洞口的燈由 24AH 供電；最後近洞尾者由15AH供電。中間的二個由較大的 38AH與 65AH 供電。故如果在非常情況下，由容量最小的 15AH 最先斷電，但因洞尾已有洞外的亮光，故不影響；再來為接近洞口的 24AH 者，但只要一轉彎，就可看到中間的二個燈。如要它們也斷電，那幾乎不太可能。故由這樣的組合，我們可觀察在同一狀況下，四種容量的不同變化。其他隧道的組合情況請見下節的表 5 - 3 - 1。其中尚有相同容量的蓄電池但用不同廠牌的太陽能板的組合。可詳細了解太陽能板與蓄電池的配合情形。

在最佳控制電路的製作與改良方面，我們已為隧道燈與避難指示燈共改了拾幾個不同的PC電路板。每一個電路完成後，我們都在實驗室讓它工作數天，以測試各各組件的品質。由於避難指示燈的優先裝置，故我們尚未就資料的記錄，完成開發，當於後續計劃內完成。

5 — 3 節 未來計劃

在太魯閣國家公園內利用太陽能轉變成電能來點燈的研究從概念的提出一直到本計劃的結束差不多只有十個月而已，但我們從中所獲得的經驗真是從書本上看不到的。在觀察過奇萊 1 與奇萊 2 及白楊 6 — 1 到 6 — 4 等的工作狀況，加上先前在第 2 號隧道的試驗燈的經驗，我們相信這個利用太陽能的構想可行。對主持這個計劃的我來說，惟一不敢確定的問題是它到底可以用多久。然而，不管如何，在園區內偏遠地區電力無法到達之處裝設太陽能照明及指示燈設備，是可以提昇本園區的遊憩服務品質。又太陽能除了可以以電的形式吸收外，也可以以熱的形式吸收，故於遊憩區設置太陽能熱水系統供應寒冷時期的熱水，並裝設於遊客中心內，以為解說展示之用。是項無污染之熱水系統目前且是經濟部能源委員會的補助裝設的項目，在全省各地熱烈展開中，但至今尚無國家公園採用，如能率先引進本園區內，將是提昇遊憩服務品質之另一嚐試與研究示範。

在與觀光課的同仁討論並整理得下列諸表，以為將來繼續推展太陽能應用的參考。其中「近程建議」，「遠程建議」之設定亦為臨時的，沒有硬性規定。也許，某項的遠程獲得優先裝設，或某項之近程擱置一旁不可能做等均有可能。表 5 — 3 — 1 為白楊步道 8 個隧道的太陽能隧道燈的說明。它們應在本年度全部完成。備註欄內的組合說明它們尚有最佳蓄電池及能板材料的分析目的。表 5 — 3 — 2 為奇萊山區 8 個避難小屋應用太陽能的情形。其中 5，6，7 三處也許可以在近程中先裝指示燈以利山友當作指標，只是支架將會十分困難。近程建議事項中已完成指示燈 2 具，其他指示燈的裝設當無問題。至於

表 5 - 3 - 1 白楊步道隧道燈說明表

地 點	近程建議事項	遠程建議事項	備 註
第 6 隧道 已完成	隧道燈 4 具	1 5	A r
		2 4	A r
	太陽能板 4 組	3 8	A r
		6 5	A r
第 1 6 隧道	隧道燈 2 具	2 4	A r
	太陽能板 2 組	2 4	S o
第 1 9 隧道	隧道燈 3 具	1 5	S o
		2 4	S o
	太陽能板 3 組	3 8	S o
第 2 0 隧道	隧道燈 2 具	1 5	A r
	太陽能板 2 組	1 5	S o
第 2 1 隧道	隧道燈 1 具	1 5	A r
	太陽能板 1 組		
第 2 2 隧道	隧道燈 2 具	1 5	A r
	太陽能板 2 組	1 5	S o
第 2 4 隧道	隧道燈 2 具	1 5	A r
	太陽能板 2 組	1 5	S o
第 3 隧道	隧道燈 2 具	2 4	A r
	太陽能板 2 組	2 4	S o
合 計	隧道燈 1 8 具		
	太陽板 1 8 組		

* 備註欄內之數字代表蓄電池之容量，其單位為 AH。又
 “A r 代表 Arco 廠製之太陽能板，”S o”代表 Solarex
 廠製之太陽能板。

表 5 - 3 - 2 奇萊山區避難小屋太陽能應用說明表

名 稱	近程建議事項	遠程建議事項	備 註
1. 黑水塘木屋	指示燈 1 具 照明燈 1 具 太陽能板 3 組	配合貴處避難小屋整建工程設計 太陽能取暖設備	
2. 成功 2 , 3 號堡	指示燈 1 具 照明燈 1 具 太陽能板 3 組	同上	已完成指示燈之裝設
3. 成功 1 號堡	指示燈 1 具 太陽能板 1 組	同上	使用率低 缺乏水源
4. 稜線木屋	指示燈 1 具 照明燈 1 具 太陽能板 3 組	同上	已完成指示燈之裝設
5. 池山木屋		同上，再加指示燈與照明燈各 1 具需太陽能板 3 組	全毀 僅餘地基
6. 卡西（東）木屋		同上，再加指示燈 1 具需太陽能板 1 組	部份捐毀 已無法住人 缺乏水源
7. 裡山木屋		同上，再加指示燈 1 具需太陽能板 1 組	全毀 僅餘地基
8. 天池木屋	指示燈 1 具 照明燈 1 具 太陽能板 3 組	同上	
合 計	指示燈 5 具 照明燈 4 具 太陽板 13 組	指示燈 3 具 照明燈 1 具 太陽能板 5 組 取暖設備 8 套	已完成指示燈 2 具

* 假設照明燈所需之太陽能板至少為 2 組之電力。

** 尚未決定取暖設備之型式。

照明燈的構想，對山友來說，當然是求之不得。如果確有需要，應於後續計劃中優先委託研究開發。遠程建議事項之太陽能取暖設備，那更是構想中之理想，不過成本可能很高。表 5 - 3 - 3 為南湖山區的太陽能應用說明，大致與奇萊山區同。審馬鎮山屋之指示燈亦可提前在近程中裝設。雲稜山莊之指示燈，如果需要，可架數個，一路引入山莊。圈谷木屋的 2 具指示燈是一架設在木屋旁，另一架設在入谷處。因有許多山友反應，該處霧多，常迷失方向，故用指示燈作指標。表 5 - 3 - 4 為其他地區之太陽能應用。在近程建議事項中大部份為大型照明燈，這也是為什麼上面要優先開發照明燈之原因，經驗要由小做到大，才不致發生技術斷層。在遠程建議事項中均不是燈了，可謂更上一層樓。其中太陽能熱水系統與太陽能計數器在技術上應無問題，倒是太陽能收音機，甚具開發之價值。在國外常見丟入一個硬幣，就可聽到對該處的錄音解說，但它們均在有電力的地方。這種用太陽能的解說機恐怕還是世界首創哩！不但應該置入近程建議中，而且還要優先去做才對！

以上所列在近程共有隧道燈 19 具，指示燈 > 12 具，照明燈 7 具，大照明燈 13 具，共需太陽能板超過 97 組。遠程中共有指示燈 4 具，照明燈 3 具，共需太陽能板 10 組，太陽能取暖設備 14 套，太陽能熱水系統數個，太陽能計數器 4 台，及太陽能解說機許多個。除此之外，是否還要在避難小屋內設置太陽能呼叫器呢？這可能是理想中之理想吧！

表 5 - 3 - 3 南湖山區避難小屋太陽能應用說明表

名 稱	近程建議事項	遠程建議事項	備 註
1. 雲稜山莊	指示燈 > 1 具 照明燈 1 具 太陽能板 > 3 組	配合貴處避難小 屋整建工程設計 太陽能取暖設備	
2. 審馬鎮山屋		同上，再加指示 燈與照明燈各 1 需太陽能板 3 組	大部份損毀 已無法住人
3. 圈谷木屋	指示燈 2 具 太陽能板 2 組	同上，再加照明 燈 1 具需太陽能 板 2 組	全毀 已無法住人
4. 南湖溪木屋	指示燈 1 具 照明燈 1 具 太陽能板 3 組	同上	
5. 中央尖溪木屋	照明燈 1 具 太陽能板 3 組	同上	
6. 南湖池木屋	指示燈 1 具 太陽能板 1 組	同上，再加照明 燈 1 且需太陽能 板 2 組	無屋頂
合 計	指示燈 > 6 具 照明燈 3 具 太陽能板 > 12 組	指示燈 1 具 照明燈 2 具 太陽能板 5 組 取暖設備 6 套	

* 假設照明燈所需之太陽能板至少為 2 組之電力。

** 尚未決定取暖設備之型式。

表 5 - 3 - 4 其他地區太陽能應用說明表

地 區	地 點	近程建議事項	遠程建議事項	備 註
大同大 禮遊憩 帶	1 . 露營 地	大照明燈 1 具 太陽能板 4 組		夜間開關鈕 日間自動滅
	2 . 露營 地水源	指示燈 1 具 太陽能板 1 組		指示水源地 點
	3 . 大同 部落	大照明燈 3 具 太陽板 12 組		夜間自動亮 日間自動滅
	4 . 大禮 部落	大照明燈 3 具 太陽板 12 組		同上
園區內	1 . 園區 內各重 要點		將太陽能轉換成電 能，配合貴處做戶 內戶外之放音解說	由遊客按鈕 播放解說 錄音機
普洛灣 台地	1 . 宿舍		以一組宿舍作示範 提供沐浴用熱水	
	2 . 停車 場		以感應方式統計每 日停車場進出車輛 約需太陽能板 4 組	
合歡山 地區	1 . 展示 中心		供應太陽能熱水	
中橫公 路	1 . 仙霞 隧道	大照明燈 2 具 太陽能板 8 組		點亮方式需 研究
	2 . 錐麓 隧道	大照明燈 4 具 太陽板 16 組		同上
綠水合 流步道	1 . 隧道 內	隧道燈 1 具 太陽能板 1 組		
	合 計	隧道燈 1 具 指示燈 1 具 大照明燈 13 太陽板 54 組	太陽能放音機多具 太陽能計數器 4 台 太陽能熱水系統數 個	

* 假設大照明燈所需之太陽能板至少為 4 組之電力。

5 - 4 節 彩色圖片說明

- 圖 一 為白楊步道第 6 隧道之四組太陽能板，從左至右依序為白楊 6 - 1 ~ 6 - 4。圖上清楚地看出為 30 片單晶太陽電池串聯而成。每片電池幾近方形，使面板的單位面積的吸光量增加。每片約 115 平方公分，開路電壓推測為 0.68 V 左右，短路電流為 2.8 A。此能板為美國 Arco 廠牌。
- 圖 二 為奇萊 2 之太陽能板。由圖上知為 36 片多晶太陽電池串並聯而成。每片電池為長方形，亦為得最大吸光密度而設。每片 ~ 96 平方公分，開路電壓推測為 0.586 V，短路電流為 2.53 A。18 片一串為 6 V 的應用，36 片一串則為 12 V 的應用。此能板附有 15 V 之穩壓器，為美國 Solarex 廠牌。與圖一比較，單晶晶面光亮均勻，多晶則有花花的小晶區。
- 圖 三 為試驗用的第二種燈具，有 10 瓦的功率，因其光度相當集中而不適用於隧道燈，但將來可用於避難小屋之照明燈。
- 圖 四 為目前採用之隧道燈，其優點為突出的燈具將亮光四射，使遊客看出隧道內大致的環境，可安全地穿過隧道而不會碰壁。
- 圖 五 為目前採用之避難指示燈。本圖是掛枝上照的。色黃是為穿透霧氣而選，下端之小管可螺入一寸之鍍鋅管以為架設之用。
- 圖 六 為去年 10 月 27 日架設在奇萊山成功 2 號堡邊之避難指示燈。此燈由與圖一同牌之能板供電。
- 圖 七 為去年 10 月 28 日架設在奇萊山稜線木屋的避難指示燈，圖中較高者為避雷針，右邊支架上者即為圖二之太陽能板。連接電線以塑膠管埋於矮箭竹下之土中。

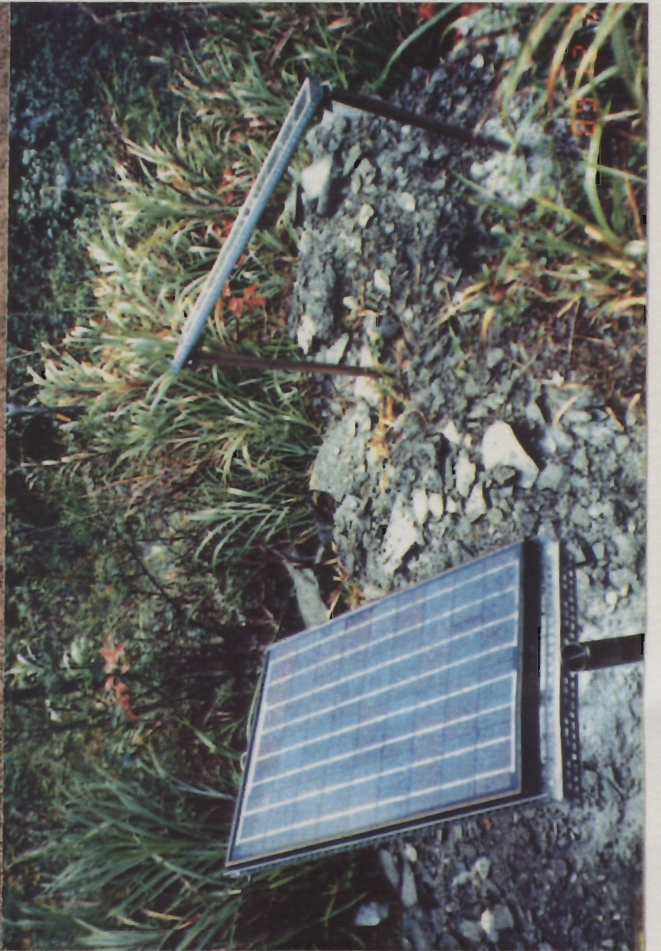
- 圖 八 爲白楊 3 - 1 (右邊者) , 3 - 2 (左邊者) 太陽能板之架設情形。均使用粗圓鋼管, 在石堆中挖洞加水泥固定。由圖上亦可看出, 如 3 - 2 之偏角較小則 3 - 1 之偏角就很大了。
- 圖 九 爲白楊 6 - 1 ~ 6 - 4 太陽能板之架設情形。亦使用粗圓鋼管, 在岩壁邊鑿洞加水泥固定。這四組支架由表 4 - 2 - 1 知均比上圖者架設得有進步。
- 圖 十 此爲白楊 3 - 1 之最大傾角, 只有 24 度。由圖八可看出, 這是因爲鋼管阻擋了能板的旋轉所致。
- 圖 十一 爲奇萊 2 之架設情形。用角鋼直接打入矮箭竹下之泥土中固定。
- 圖 十二 此爲白楊 3 - 1 之偏角。由圖上雖讀不出度數, 但顯然偏了相當多, 面板並沒有架設在坐北朝南的東西向上。
- 圖 十三 此爲奇萊山 2 號堡內架設控制箱的情形。避難指示燈就在控制箱所接觸的堡壁的另一面。太陽能板的電線, 指示燈的電線, 感光電阻之電線均由控制箱背面的小洞進出。
- 圖 十四 這是白楊步道第 6 隧道入口之二控制箱的架設情形。由水泥做成二個箱架, 安裝二個控制箱。上箱正中處並附有紅色按鈕。
- 圖 十五 上圖中上面的控制箱的內部接線情形。圖中右邊爲 24 AH 之蓄電池, 供第一座燈之電源, 左邊爲 38 AH 之蓄電池, 供第二座燈之電源。
- 圖 十六 爲圖十四中下面的控制箱的內部接線情形。圖中右邊爲 65 AH 之蓄電池, 供第三座燈之電源; 左邊爲 15 AH 之蓄電池, 供

洞尾的燈之電源。

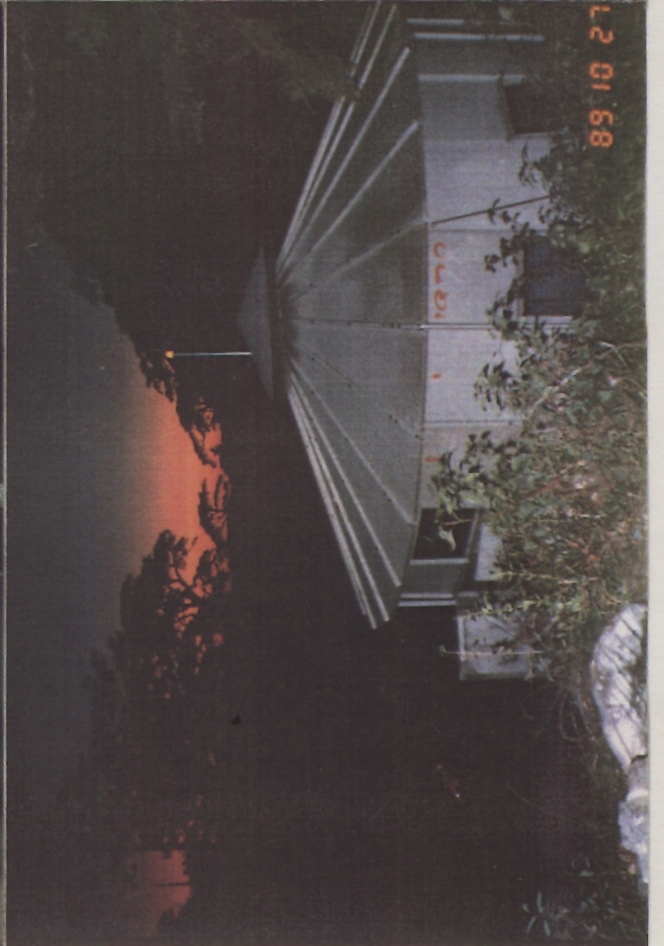
5 — 5 節 感謝語

計劃主持人曾留意太陽能應用的發展拾多年，其中特別偏好太陽能電池的理論與製造，但都沒有機會實際應用太陽能。現在國內百廢俱興，亦有經費裝設偏遠地區電力無法到達之處的照明或其他應用，使他得以從應用的角度來了解太陽能造福人群的潛力。因此，他特別要感謝太魯閣國家公園管理處徐處長的建議，使此一計劃得以成立；及觀光課黃課長的支持，林鈴的行政支援，莊貴諭的登山安排，與維修組，巡山隊中多位人員的參與。他也感謝能源委員對此計劃的興趣，並引出白楊步道的後續工作及奇萊，南湖的裝燈計劃。當然，他也感謝交通大學的同仁，尤其是陳榮燦先生，其每次都能及時地將所需的電路板做好，以便裝設，有時還得工作至半夜，測試它的功能及耐久性。

圖八



圖六

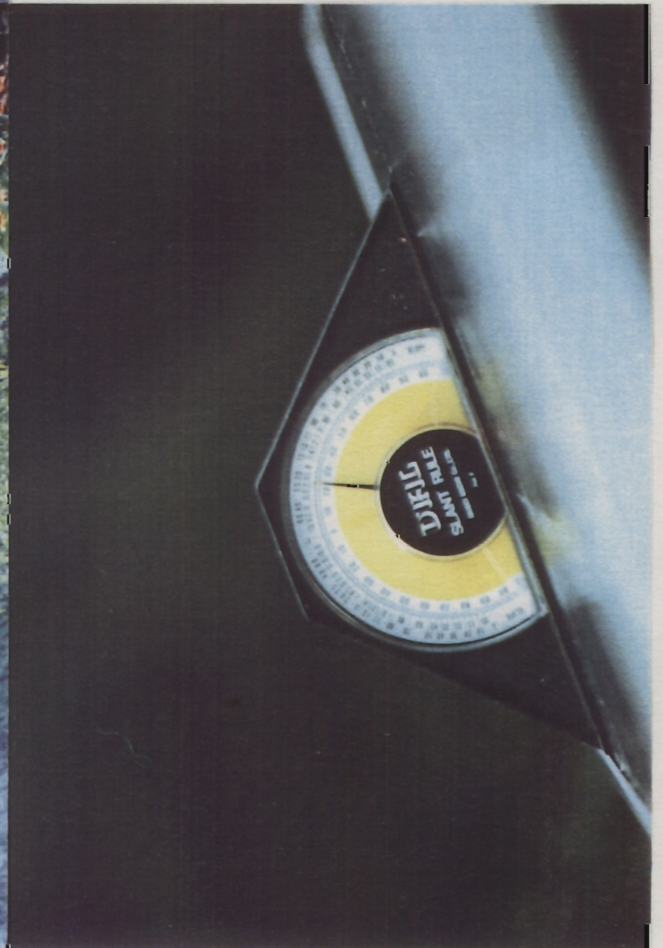
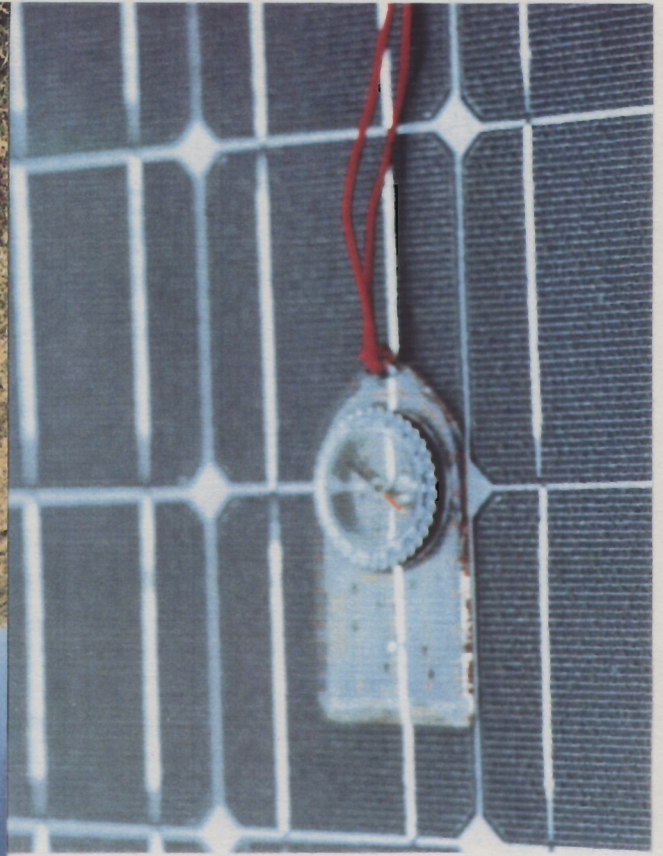


圖七

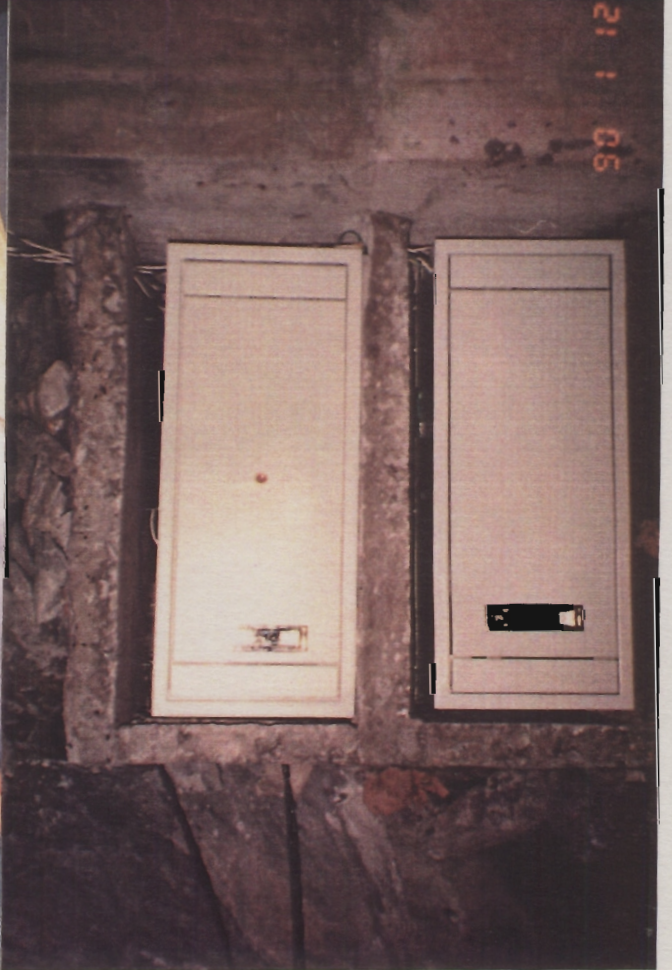


圖五

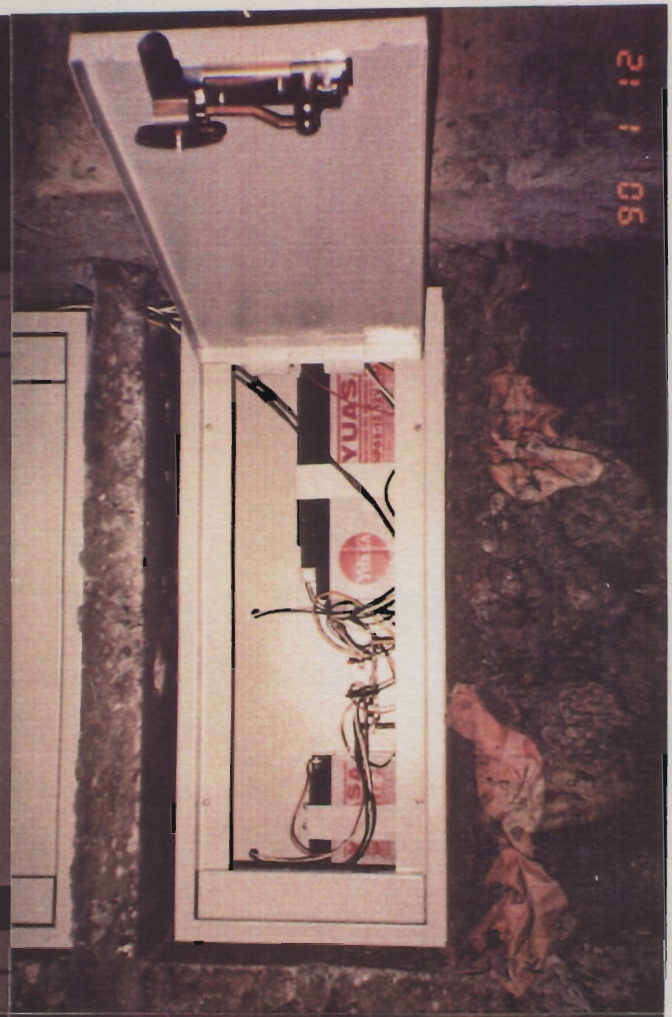




圖十四



圖十六



圖十三



圖十五

