

工作心得及研究報告

鼎金交流道新增匝道 第571A標工程 節能減碳之作爲

摘要

自工業革命以來，人類大量使用化石能源，使得大氣中的二氧化碳濃度逐日攀升，導致全球氣溫及氣候的異常變遷，因此「節能減碳」目前蔚爲政府提倡之重要政策，俾減緩地球暖化作用。國道高速公路局拓建工程處於中山高速公路鼎金系統交流道新增匝道第571A標工程將原傳統式路燈及標誌牌面試辦採用太陽能及LED燈泡設備，利用太陽能轉換儲電直接供應LED燈泡所需，進而降低外電之需求。核算採用LED路燈每年之節能減碳效益，每年總發電量可提供 4,327度電，可減少二氧化碳排放量爲2.68 公噸；另對於目前所使用的道路指示標誌牌面，採用LED標誌牌面將可提昇駕駛人於夜間及不良天候之辨識效果和指引行駛方向。



一、前言

(一)、計畫緣起

為減緩人類活動所排放之溫室氣體造成全球氣候變遷，聯合國於西元一九九二年通過「聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）」，對「人為溫室氣體」（anthropogenic greenhouse gases）排放做出全球性防制協議。西元一九九七年公約第三次締約國會議中通過具有管制效力之「京都議定書」（Kyoto Protocol），明確規範三十八個工業國家及歐洲聯盟，應在西元二〇〇八年至西元二〇一二年間將其溫室氣體排放量降至西元一九九〇年排放水準平均再減百分之五·二，該議定書業已於西元二〇〇五年二月十六日生效，京都議定書所定溫室氣體排放減量目標雖只針對簽署並批准的工業化國家始生效力，惟以地球村的時代，「節能減碳」乙詞已是各新興國家積極推動的政策，藉由取之於自然，用之於大地的環保觀念，俾降低溫室氣體對地球之影響。

(二)、動機與目的

鑒於台灣自然資源不足且環境承載有限，永續能源發展才能將有限資源作有「效率」的使用，才可滿足未來世代發展的需要。高速公路目前所採用之道路照明，一般採用高壓鈉燈，基於目前LED燈組之研發改良已趨完善及執行政府節能減碳之政策，現有路燈擬由LED燈組替代高壓鈉燈，並搭配太陽能板供電，標誌牌面亦由台電電源改由太陽能供電，藉由太陽能板及LED燈組之節能功效，除可降低整體台電電源之需求亦可增加夜間標誌之辨識性，達成節能減碳之最終目的。



二、太陽能及LED光源基本認識

(一)、太陽能發電原理

我國多半的能源均仰賴進口，主要因各項能源發展的投資風險高且已飽和，故如何使用符合環保、循環再生，並取之不盡之太陽能源已是目前國內外各家努力追求的目標。其發電原理係利用電位差發電，無電磁波產生太陽電池(solar cell)是以半導體製程的製作方式做成的，其發電原理是將太陽光照射在太陽電池上，使太陽電池吸收太陽光能透過圖2-1的p-型半導體及n-型半導體使其產生電子(負極)及電洞(正極)，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線傳輸至負載。

簡單的說，太陽光電的發電原理，是利用太陽電池吸收 $0.2\ \mu\text{m} \sim 0.4\ \mu\text{m}$ 波長的太陽光，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。由於太陽電池產生的電是直流電，因此若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝直/交流轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供電至家庭用電或工業用電。

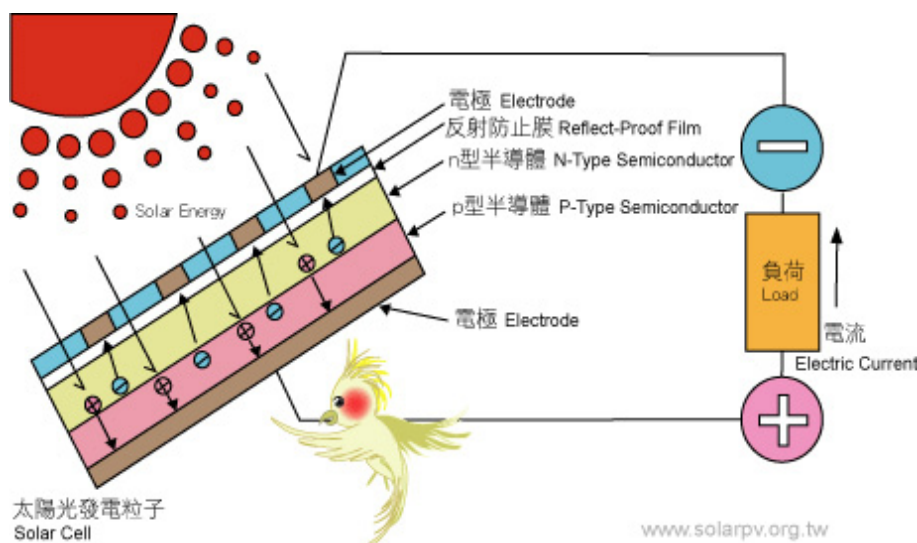


圖2-1太陽能電池架構



(二)、太陽光電板架設原則：

由於台灣位於北回歸線上，而北回歸線緯度為北緯23.5度。太陽由東方升起後，行進的軌跡會在台灣的南方，所以架設太陽能光電板將板面朝南可以得到最大效益。而因為位於北緯23.5度，所以將板面仰角設定為23.5度可以得到最大日照效益。另為利太陽光電板可以完全的接收太陽光達到最大的發電效益，架設太陽光電板的場地周圍應避免高樓、樹林及或其他有可能遮蔽太陽光照射太陽光電板的高物遮蔽物，以免影響吸收光源。

(三)、LED原理

何謂LED，簡單來說LED又稱為發光二極體(Light Emitting Diode)，屬半導體元件，由含電洞之P型半導體與含電子之N型半導體結合成之P-N二極體，在P-N二極體兩端加上順向偏壓，電子與電洞流至接合面接合時放出能量而發光。

(四)、LED之應用領域

LED之應用領域大略可分為六大類，消費電子產品、號誌/顯示看板、通訊業、資訊業、汽車業及工業/儀表等。

1. 消費電子產品：

可應用在家電產品、玩具、計算機及各類電器產品上，主要以指示燈的形態出現。

2. 號誌/顯示看板：

大致以室、內外看板應用為主，早期由單色看板開始發展，後來帶領著看板世界進入全彩的境界，再加上目前技術的提昇，配合著全彩及動畫的表現，使得看板的世界更為生動，更擴大了應用的範圍，舉凡室內外廣告看板、火車/飛機看板、股市看板、運動場看板及交通號誌交通資訊看板等，都可發現LED技術的蹤跡。





3. 通訊業：

由於LED產品小型化、低耗電等特性，因此目前廣泛的應用在有線、無線行動電話中的按鍵背光源上，再加上行動電話輕薄短小的發展，電子零組件的需求在功能上也需越來越強及越來越小，而LED正好符合這樣的需求，因此在使用上的接受度也就越來越高。目前，行動電話的訊息顯示及背光源的應用上多已廣泛的採用LED產品。

4. 資訊業：

LED產品大都使用在電腦及其週邊產品的指示燈上，當作產品運作顯示用，而應用領域也擴大至傳真機及影印機光源。

5. 汽車業：

目前來說，除了大燈之外，LED可取代汽車上的多種光源，如第三剎車燈、尾燈、方向燈、儀表板背光源、閱讀燈、室內照明燈及各按鍵的顯示燈等。

6. 工業/儀表：

LED在工業/儀表的應用也和資訊業相同，以儀器設備的指示燈為主，在工廠的生產線上，則用於生產量顯示及生產良率顯示上。

(五)、LED發展趨勢

台灣LED產業發展已成為我國光電產業中最具競爭力的產業之一，其產業結構相當完整。在近年來，由於政府的積極推動和廠商持續的研發下，技術及生產良率正快速成長中。

隨著時代進步，不論白天或夜晚，不論是日常需求或是為了營造氣氛，照明已成為生活中不可或缺的一部分，而且占有舉足輕重的地位，過去光源發展歷史趨勢中，發現LED是一項重大的突破，讓LED成為科技產業的注目焦點，從早期氣體燈至今已漸漸被LED燈作取代，在節約能源的





風潮下，LED燈也逐漸走入一般家庭中，例如LED手電筒、LED車燈等，在照明方面，市售商品亦有LED燈具及燈泡。由於LED可大幅降低電力之消耗、環保、耐用等優點，即將慢慢的取代傳統的燈泡與冷陰極螢光管，但是在這其中卻因為LED的發光特性產生了一些缺點，就以高功率型LED來說，發光強度雖然大，但由於發光的區域相當小，在中短距離照明的使用上，會因為它的特性使得照明的區域有照度不均勻的狀況發生，所以必須再額外加裝其他的燈罩燈具或是將LED作陣列擺置的設計等，在保留高功率型LED特性的同時又增加其發光的均勻性是必須的。

三、試辦規劃

(一)、規劃位置

國道1號鼎金系統交流道南下匯出匝道施工時程約為97年11月1日~97年12月31日，依據新增匝道之特性及需求，本環保節能照明規劃主要之項目如下：

1. 新建匝道部分：

新建匝道路段共計配置路燈7盞，採用200W，H=10M之LED燈組搭配太陽能板，LED燈之電源採太陽能及市電共同供應，詳圖3-1與圖3-3。

2. 橋下農路部分：

橋下道路共計配置路燈8盞，採用60W，H=8M之LED燈組搭配太陽能板，LED燈之電源採太陽能及市電共同供應，詳圖3-1與圖3-3。

3. 國10高架橋下吸頂燈部分：

橋下道路共計配置4盞吸頂燈，採用180W LED燈組，鑒於橋下無法架設太陽能板，吸頂燈之電源由市電供應，詳圖3-2。

4. 標誌牌面：





為提升標誌牌面夜間及雨霧發生期間之辨識功能，以提高用路人使用之便利性，於現有標誌牌面除原有之反光紙外，增設LED燈炮搭配太陽能鈹，利用太陽能轉換儲電直接供應LED燈炮所需，詳圖3-4。

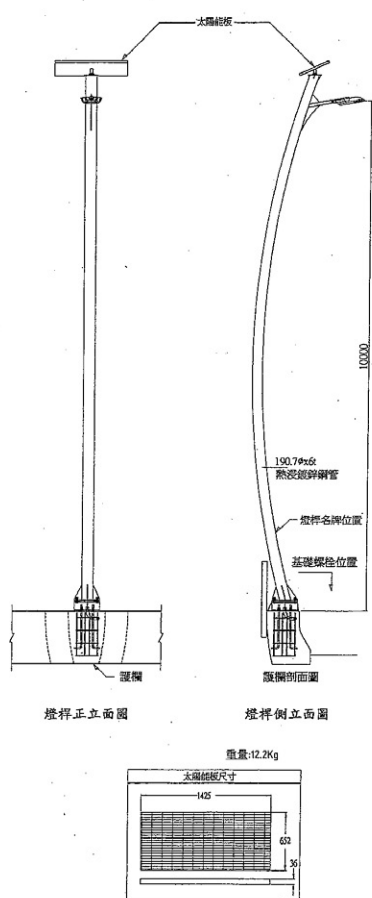


圖3-1 太陽能LED路燈示意圖

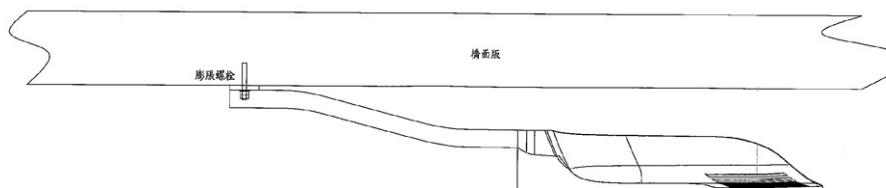


圖3-2 太陽能LED吸頂燈示意圖



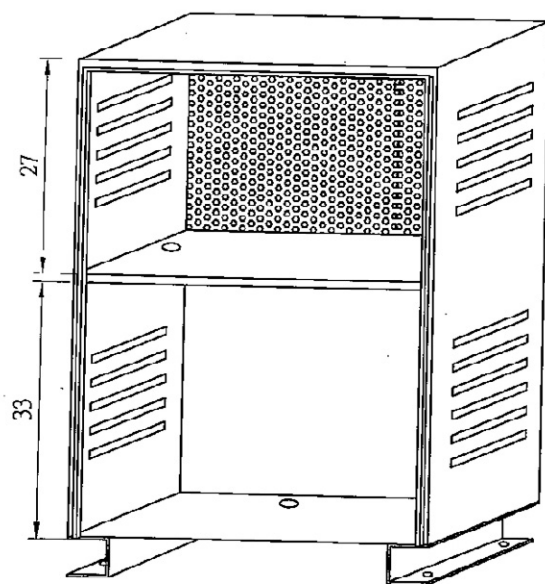


圖2-1太陽能電池架構

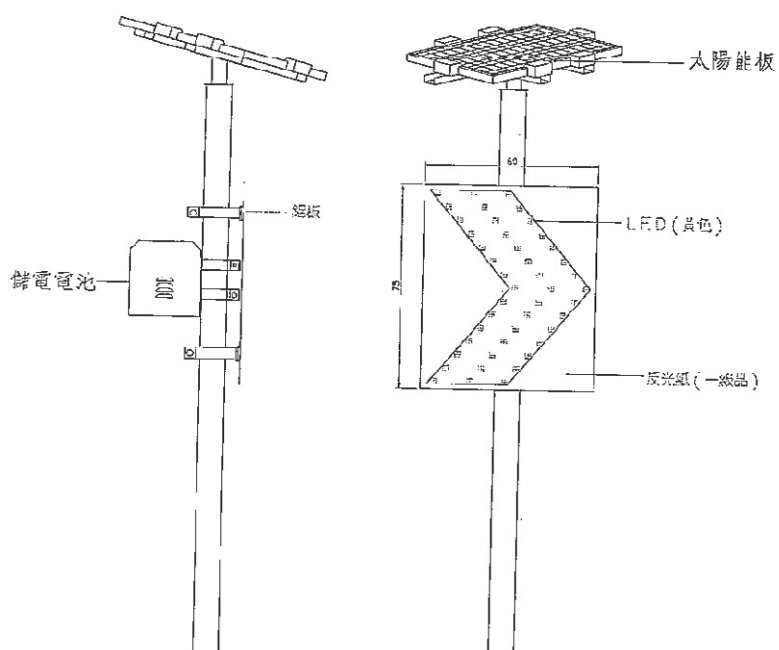


圖2-1太陽能電池架構





(二)、材料說明

1. 燈桿材料：

- (1) 路燈燈桿材質及相關試驗須符合高公局頒「施工技術規範」規定。
- (2) 燈桿基礎螺栓需符合ASTM A307標準的熱浸渡鋅之材質要求。
- (3) 燈桿於焊接完成後，表面需經熱浸渡鋅防鏽處理。
- (4) 接地端子應為夾接型及適用14平方公釐-30平方公釐之絕緣導線。
- (5) 燈桿由柱桿及裝燈具之支臂桿連成，柱桿需有安裝口、電線穿通孔及接地端子等，柱桿接合處所應以良好之機械性及電焊性。

2. 太陽能高燈材料

- (1) 燈體：玻鋁質燈體
- (2) 光源：LED燈，附電子式變壓器。
- (3) 電源需求：90-260Vac，50/60Hz。（Vac交流電）
- (4) 防護等級：IP-65，防塵防水測試。
- (5) 光電模板：多晶矽。
- (6) 系統充電控制器：系統電壓DC/12V（DC直流電）、系統電流10V、過充控制14.4V、電壓低時可自動切斷、依日落環境自動點燈功能等。
- (7) 蓄電池：環保矽能蓄電池且需持續放電功能、具密閉式不漏電、12V/100AH容量等。
- (8) 直交流轉換器：為700W，200-240Vac $\pm$ 1-2%，60Hz $\pm$ 0.5%之功率，各次諧波失真率2%以下等。

3. LED標誌牌面

LED標誌牌面：LED自發光標誌係一附著於原有牌面之輔助性設施，以增加牌面訊息的辨識度與辨識距離，依不同牌面所需之輔助指示重點，如方向、途徑、車道、路線、里程、距離、文字或圖





形...等，提供太陽能儲電點亮功能，使車輛駕駛人在其行車速限下即時辨識，以便有足夠時間採取適當的反應措施。附著式LED指示標誌牌面需符合需符合下列檢驗合格要求，規定如下：

- (1)顏色要求：LED自發光標誌之LED元件，需符合美國聯邦公路總署（FHWA）制訂之交通管制設施標準手冊（MUTCD）規定之採用LED元件應與標誌底色相同，惟黑色之標誌底色者，可採用黃色LED元件。
- (2)環境測試及要求：LED自發光標誌發光單元之點亮模式及時間，依各牌面之規定辦理，以增加對用路人之警示及導引效果為原則，不論白天或晚上，應避免影響牌面可辨識性或駕駛者的辨識能力。
- (3)蓄電池之可靠性：為確保LED自發光標誌之蓄電池在兩年保固期內堪用無虞。
- (4)備載測試：為確保LED自發光標誌在連續一星期以上之陰雨不良天候情況下，仍可持續工作，LED自發光標誌（太陽能供電）應具備最少3天以上備載天數之備用電力，以維護交通安全。
- (5)LED均光性及閃滅之穩定性：LED自發光標誌之閃滅表現需一致，不因時間變化而有衰退，影響對用路人之警示效果。為避免LED亮度不均而影響標誌辨識度，LED自發光標誌（太陽能供電）之成品需檢測LED燈點之均光度。

承包商應依契約規定辦理各項試驗，以確保全部工程符合契約之規定及要求。其試驗結果，若不符契約之要求或原意時，得拒絕其部分或全部之使用，相關試驗費用概由承包商負責，不另給付。





(三)、工程管理及保固

承包商應負責管理施作之全部設備、臨時材料、供應品及其他材料，若有發生損害或毀損時，承包商均應自費盡速修復或替換；且所備妥之人員、機具及材料均足以達成執行工程所要求之施工進度及品質，如監造單位或工程司認為施工速率過於緩慢，不能在規定期限內完成，承包商應盡速提出趕工計畫書或其他補救之措施，以減少延誤之持續。

各項設施於驗收合格之次日起算12個月，為其保固期限；該期間因承包商原因所導致之一切瑕疵、不完善或其他缺點，應由承包商於規定期限內辦理修復，前述工作均應由承包商自行負擔。

四、試辦結果

(一)、工率分析

A、以LED路燈施作乙組為例，茲就工率分析如下：

1. 燈具訂作及交貨時間：30 day
2. 燈桿製作時間及交貨時間：30 day
3. 燈具、燈桿及太陽能板組裝時間：5hr/1組
4. 燈組安裝完成所需人力：工程師1名、領班1名及技術工3名
5. 燈組安裝所需機具：20噸吊卡車*2部，每部吊卡車可載運10組燈具；高空作業車*1部
6. 系統控制箱製作及交貨時間：30 day
7. 現地安裝後測試人力及時間：3名技術人員（7day）





B、以LED標誌牌面施作乙組為例，茲就工率分析如下：

1. 標誌牌面訂作及交貨時間：5 day
2. LED燈標誌牌面製作時間及交貨時間：3 day
3. LED燈泡、蓄電池及太陽能板備料時間：30 day
4. 安裝乙組完成所需人力：工程師1名、領班1名及技術工3名
5. 安裝乙組完成所需時間：4 hr/1組（含基礎設置、管線埋設及介接）
6. 安裝乙組所需機具：3.5噸貨車*1部，每部吊卡車可載運10組牌面；
小型挖土機*1部
7. 現地安裝後測試人力及時間：2名技術人員（5 day）

(二)、設備安裝注意事項

本項工程由於太陽能板吸熱外部環境條件限制及配合市電介接之需求，造成施工期間穿越交通要道過程中交通之影響，本文茲就施作期間需注意相關事項扼要說明：

1. 以LED標誌牌面施工過程與一般傳統標誌均無差異，惟因採太陽能供電，安裝時受設置地點日照條件差異或綠化植物遮蔽之影響，實際安裝作業時需依現場條件酌予調整適當位置及角度，以取得最大有效之發電功能；以新增匝道0k+240因受高架橋遮蔽影響日照條件及大中一路17k+289標誌設於高架橋下完全無日照條件為例，本工程另將太陽能板架設於帽梁處，藉以克服日照不足條件之影響，換言之，承包商應就設置前需赴現地覓妥適當位置，俾利各管線埋設及設備安裝作業。
2. 對於需設置於來往車輛眾多之交通要道，施工期間必將造成安裝設置時間延長及影響交通情事，為避免該等情事發生，承包商應衡酌夜間施工之必要性，俾疏減案源。





3. 承包商均多會將燈具交由協力廠商進行施作，惟燈具施作時程係配合土建結構完成後進場，施作時易發生所需高程或角度誤差等情事，建議對於協力廠商之進場時程應先妥為規劃，必要時責請派遣相關人員至現地查勘，提昇安裝的準確與安全性。
4. 標誌設置係扮演著維持交通順暢不可或缺的重要角色，然而設置之角度錯誤造成眩光效果，必將影響用路人行車，因此於設計、施工階段均應妥慎規劃，期使各式各樣之LED 燈能達到美觀又實用的目的。

(三)、檢測結果

有關鼎金系統西向入口匝道原設計之高壓鈉光燈（250W）改採太陽能LED燈（200W），現場實際檢測結果如下：

A、平均照度：

1. 燈具位置#1-#2（0k+530-0k+570）：19.82 lx
2. 燈具位置#2-#3（0k+570-0k+610）：19.98 lx
3. 燈具位置#3-#4（0k+610-0k+650）：24.59 lx
4. 燈具位置#4-#5（0k+650-0k+690）：18.60 lx
5. 燈具位置#5-#6（0k+690-0k+730）：18.34 lx
6. 燈具位置#6-#7（0k+730-0k+770）：20.57 lx

各燈組於夜間進行實際檢測所得之平均照度均符合15 lx規定。

B、最小照度：

1. 燈具位置#1-#2（0k+530-0k+570）：12.07 lx
2. 燈具位置#2-#3（0k+570-0k+610）：13.61 lx
3. 燈具位置#3-#4（0k+610-0k+650）：12.90 lx
4. 燈具位置#4-#5（0k+650-0k+690）：11.57 lx
5. 燈具位置#5-#6（0k+690-0k+730）：11.68 lx





6. 燈具位置#6-#7 (0k+730-0k+770) : 10.48 lx

各燈組於夜間進行實際檢測所得之最小照度均符合6.98 lx規定。

C、最大照度

1. 燈具位置#1-#2 (0k+530-0k+570) : 35.80 lx

2. 燈具位置#2-#3 (0k+570-0k+610) : 33.40 lx

3. 燈具位置#3-#4 (0k+610-0k+650) : 36.0 lx

4. 燈具位置#4-#5 (0k+650-0k+690) : 35.20 lx

5. 燈具位置#5-#6 (0k+690-0k+730) : 32.30 lx

6. 燈具位置#6-#7 (0k+730-0k+770) : 30.30 lx

各燈組於夜間進行實際檢測所得之最大照度均符合26.0 lx規定。

D、明暗均勻度：

1. 燈具位置#1-#2 (0k+530-0k+570) : 1.64 lx

2. 燈具位置#2-#3 (0k+570-0k+610) : 1.46 lx

3. 燈具位置#3-#4 (0k+610-0k+650) : 1.90 lx

4. 燈具位置#4-#5 (0k+650-0k+690) : 1.60 lx

5. 燈具位置#5-#6 (0k+690-0k+730) : 1.57 lx

6. 燈具位置#6-#7 (0k+730-0k+770) : 1.96 lx

各燈組於夜間進行實際檢測所得之均勻度均符合等於或小於3 lx規定。

E、明暗比：

1. 燈具位置#1-#2 (0k+530-0k+570) : 0.61 lx

2. 燈具位置#2-#3 (0k+570-0k+610) : 0.68 lx

3. 燈具位置#3-#4 (0k+610-0k+650) : 0.52 lx

4. 燈具位置#4-#5 (0k+650-0k+690) : 0.62 lx

5. 燈具位置#5-#6 (0k+690-0k+730) : 0.64 lx

6. 燈具位置#6-#7 (0k+730-0k+770) : 0.51 lx

各燈組於夜間進行實際檢測所得之明暗比均符合0.47 lx規定。





(四)、施作照片

A、LED路燈部分



圖4-1架設完成



圖4-2點亮測試



圖4-3系統控制箱設置



圖4-4夜間照明





B、LED路燈部分



圖4-5 LED標誌牌面設置完成



圖4-6 LED標誌牌面夜間效果





(五)、效益說明

1. 節能減碳說明

現地130W 太陽能模組結合LED路燈系統，因太陽能板發電效率為130W，核算其單組太陽能每日發電量為 624W（預估日照時間6hr，遮陰係數0.8），本工程匝道部分共設有7組太陽能燈組、農路部分設置8組及橋下吸頂燈設置4組，共計達19組，年總發電量可提供 4,327度電。依據經濟部能源局公告之每度電產生之CO₂ 排放量為0.62kg計算，每年減少二氧化碳排放量 $4,327\text{度電} \times 0.62\text{ kg}/1000 = 2.68$ 公噸。

2. 節費效益分析說明

(1) 匝道部分：

依據台電公告之電費計價方法，公用路燈包燈電價計價方式為：

傳統光源100瓦以下，每燈每月電價為 87.6元，若超出100瓦，則每100瓦加收 70.8元；LED路燈每瓦每月電價為 0.68元。

因此，原使用250W 鈉燈，每月每燈需繳納 229.2元之電費，則7盞燈具每年總需繳納 15,253元之電費。

若改為200W LED太陽能路燈後，每月每燈僅需繳納 136元之電費，則7盞燈具年總需繳納 11,424元之電費。因此，每年總共可節省 3,829元之電費。

(2) 農路路段部分：

同上核算方式原使用150W 鈉燈，每月每燈需繳納 158.4元之電費，則8盞燈具年總需繳納 15,206元之電費。若改為60W LED路燈後，每月每燈僅需繳納 40.8元之電費，則8盞燈具年總需繳納 3,917元之電費。因此，每年可節省 11,289元之電費。





(3) 橋下吸頂燈部分：

同上核算方式原使用250W 鈉燈，每月每燈需繳納 229.2元之電費，則4盞燈具年總需繳納 11,002元之電費。若改為180W LED 路燈後，每月每燈僅需繳納 122.4元之電費，則4盞燈具年總需繳納 5,875元之電費，每年可節省 5,127元之電費。

核算上述公用路燈包燈電價，原採用之鈉氣燈年需繳納費用共41,461元，現地改採用太陽能燈組年需繳納費用共21,216元，約可節省新台幣20,245元，對於日後採用LED燈組將可向台電公司提出申請。

五、結論與建議

(一)、結論

1. 現地進行照度模擬檢測後，各項數據值均符合要求。
2. 試辦所採用之LED路燈，藉由太陽能板之自供電系統搭配市電，由配置之電力轉換器控制，充分利用太陽能板所產生電力，可降低外電需求。
3. 核算採用LED路燈每年之節能減碳效益，每年總發電量可提供 4,327度電，可減少二氧化碳排放量為2.68 公噸。
4. 相較於同資訊層級的道路指示標誌牌面，採用LED標誌牌面將可提昇駕駛人於夜間及不良天候之辨識效果和指引行駛方向。
5. 為降低燈具施作時發生所需高程或角度誤差等情事，對於施作廠商之進場時程應先妥為規劃，必要時責請派遣相關人員至現地查勘，提昇安裝的準確與安全性。





(二)、建議

1. 有鑑於規設階段至發包施工尚有一時間差距，現地執行恐採用舊產品，因此基於各界積極投入發展出高效能太陽能電池，因此建議日後實際施工階段應採用市場較佳之太陽能蓄電池，俾符實需。
2. 為提升太陽能板發電系統效能，降低外電供應，以目前市場可採提高太陽能板之效能瓦數，惟太陽能板面積過於龐大，將限制設置空間，故仍視工區狀況所需妥予設計規劃。
3. 太陽能LED路燈投射照度效果較低於高壓鈉光燈 250W 路燈，建議可依路況所需降低燈桿高度或採用較高瓦數之LED路燈。
4. 採用LED標誌牌面確實可提昇駕駛人於夜間及不良天候之辨識效果和指引行駛方向，建議於濃霧區可多加採用。
5. 由第四章核算節費效益顯示，採用LED燈具將可降低電費繳交，惟目前高速公路照明電費係採包燈制度，建議台電公司應針對採用太陽能供電之燈具調降包燈費用，以鼓勵政府機關擴大節能減碳之投入經費。

