

生產力績效指標之研究-以 T 太陽能公司機電施工工項為例

Research on Productivity Performance Indicators-Taking the Electromechanical Construction Project of a Solar Energy Company as an Example

黃義俊¹

國立高雄科技大學 企業管理系 教授

peterhun@nkust.edu.tw

余育婷²

國立高雄科技大學 企業管理系碩士在職專班 研究生

J110257101@nkust.edu.tw

摘要

在全球暖化議題逐漸被國際所重視，為能兼顧能源安全及環境的永續發展，近年來台灣積極發展綠能，而在台灣綠能中扮演最重要的角色莫過於太陽能了。對太陽能工程相關的承包廠商而言，生產力是極為重要的績效指標，而實務上，機電工程施工工項更是太陽能工程施工進度的主要影響因數，而從以往的研究中發現，對太陽能工程機電工率績效方面的研究成果極為稀少。

本研究使用 ThomasH.R 評估其太陽能系統和生產力績效指標，並探討每個工班因生產力績效影響所損失的工時，以生產力指標來分析太陽能機電工程施工工項的施工績效，讓企業在經營上有更好的績效。

關鍵字：機電工程、生產力、績效指標

1 緒論

1.1 研究背景與動機

太陽能發電在世界各國已經成為一個重要的能源來源，同時也是實現綠色環保和可持續發展的重要方式之一。台灣太陽能產業近年來發展迅速，成為國內綠能產業的重要一環。隨著全球氣候變遷和能源問題的加劇，太陽能已成為全球綠色能源的主流之一，而台灣也在此趨勢下逐漸擴大太陽能產業的規模和影響力。在政府政策的支持下，台灣太陽能產業正在積極推動產業轉型升級，包括加強研發能力、擴大國際市場佔有率、提高產業附加價值等。此外，政府也積極推動太陽能發電與能源儲存技術的發展，並制定相關政策，如提高再生能源發展比例、鼓勵企業投資綠色能源等，進一步激發太陽能產業的發展潛力。

台灣目前對台灣太陽能產業的相關研究主題主要包括太陽能光電發電技術、太陽能熱能利用、太陽能產業的市場趨勢與前景等方面。許多研究著重於如何提高太陽能系統的效率，如太陽能電池的研發、太陽能追蹤系統的優化等。此外，還有一些研究聚焦於太陽能產業的經濟效益分析，包括太陽能發電成本的降低、政策的制定與落實等。在台灣太陽能產業的研究中，對於現場施工的生產力績效指標之研究的相關文獻、雜誌、研究論文等與太陽能機電工作生產率相關的數據卻很少。然而，在太陽能施工過程中，根據以往實際執行案場的經驗，有許多的施工工項需要注意，其中機電工項更是重中之重。機電工班的生產力攸關案場的完工速度，而太陽能案場都有完工時間的限制，一般完工時間必須在行政流程跑完同意備案後 4 個月內完工，否則會影響太陽能電站的台電的躉售費率，進而造成業主投資方巨大損失。因此，重中之重的機電工班生產力極其重要。本研究以 T 太陽能公司機電施工工項為例，探討生產力績效指標對機電工班生產力的影響，並建立一套適合 T 公司的生產力績效指標模型。透過本研究的實施，期待可以提高機電工班的生產力，減少生產力損失成本，並進一步提高公司的競爭力。同時，也希望本研究的結果將對太陽能產業的發展以及其他相關產業的生產力提升都有參考的依據。

1.2 研究目的

本研究目的在於探討 T 太陽能公司機電施工工項的生產力績效，並建立一套適用於太陽能施工的生產力績效指標模型，以協助公司管理層進行有效的工程監控與生產力提升。本研究的目的可以歸納為以下三點：

- 1.以生產力指標為 T 太陽能公司機電施工工項進行研究，並建立適用於該行業的生產力績效模型。
- 2.以 T 太陽能公司機電施工工項為研究對象，比較三個不同型態、不同案場其機電施工工項，並進行數據分析，

以了解不同案場的機電施工生產力績效表現。

3.分析造成不同案場生產力績效表現差異的因素，以探討如何提升太陽能施工的生產力績效。

1.3 研究流程

本研研究流程如圖 1 所示。

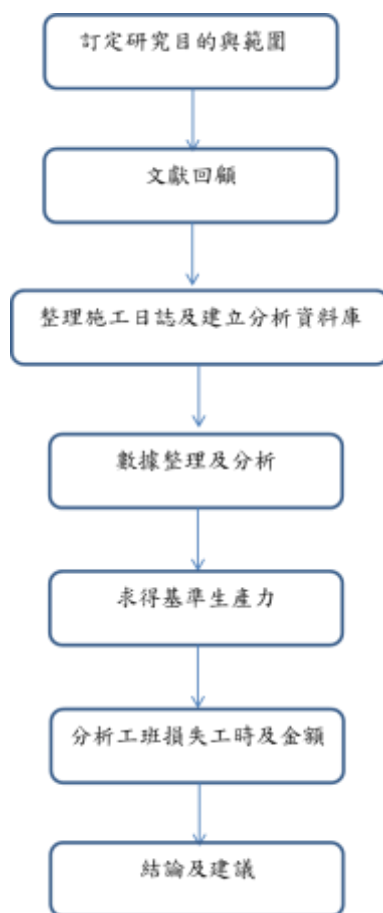


圖 1 研究流程圖

2 文獻探討

本研究主要對太陽能產業的發展和特性、目前太陽能產業現況、機電工程和 Thomas 生產力等方面的相關文獻，進行了回顧和總結。第一節介紹太陽能產業；第二節探討太陽能產業發展與現況；第三節敘述目前台灣太陽能光電系統建置之概況；第四節簡述太陽能案場型態；第五節探討機電工程；第六節介紹生產力的衡量方法。

2.1 太陽能產業簡介

太陽能產業介紹如表 1 所示：

表 1 太陽能產業簡介

標題	內容概述
現況分析	太陽能產業是一個相對年輕的產業，全球總裝機容量已達到 770 GW。太陽能產業主要分為太陽能產業和太陽能熱利用產業。
發展趨勢	太陽能產業的發展前景極為看好，預測到 2030 年，全球太陽能裝機容量將達到約 1500 GW。太陽能產業還將擴展到更廣泛的應用領域，例如建築、農業和交通。
技術創新	技術創新是太陽能產業發展的重要驅動力，包括太陽能電池技術、太陽能儲能技術和太陽能跟蹤技術等。
政策支持	各國政府都制定了相應的政策支持太陽能產業的發展，如補貼政策和立法等方式推動太陽能產業的發展。企業的創新也是太陽能產業發展的重要動力。
結語	太陽能產業是一個充滿活力和潛力的產業，將會繼續通過技術創新、市場擴大和政策支援等多種方式來實現快速發展，並且將進一步拓展到更廣泛的應用領域。值得各國政府和企業共同關注和投入。

2.2 太陽能產業之發展與現況

近年來，台灣太陽能產業發展迅速，成為台灣新興的產業之一。台灣太陽能產業主要涉及太陽能光電、太陽能熱能、太陽能儲能等多個子產業，是一個充滿活力和潛力的產業。未來，太陽能產業有望進一步拓展到更廣泛的應用領域，技術創新和政策支持也是太陽能產業發展的重要驅動力。然而，太陽能產業也面臨著競爭壓力、能源政策變化等挑戰，未來需要加強技術創新、政策支援和國際合作，以提高太陽能產業的國際競爭力和可持續發展能力，如表 2、表 3、表 4 說明之。

表 2 太陽能產業之發展與現況

產業子類別	發展現況
太陽能光電	發展迅。2022 年 11 月已達 9.251 GW，2019 年就業人數達 10,114 人，主要集中在太陽能電池和太陽能模組的生產、設計和研發等領域，矽晶太陽能電池和太陽能模組為主要產品，市場佔有率居全球中等，矽晶太陽能電池的市場佔有率更居世界第三
太陽能熱能	發展較為緩慢。主要集中在熱水器、太陽能熱水器等家庭用品的生產和銷售上，2020 年底台灣太陽能熱水器裝置容量約為 1,033,000 坪，裝置面積達到 4,130,000 平方公尺
太陽能儲能	重要發展方向，主要集中在電池儲能技術和熱儲能技術方面，電池儲能技術通過鋰離子電池等技術，將太陽能發電產生的電能進行儲存，熱儲能技術主要是通過蓄熱罐等技術，將太陽能轉換的熱能進行儲存
政策支持	是太陽能產業發展的重要推手，台灣政府通過一系列政策支持太陽能產業的發展，推動太陽能光電屋頂補助計畫、太陽能光電發電工程專案、綠色能源五大行動方案等，有助於促進台灣太陽能產業的發展，擴大產業規模
技術創新	是太陽能產業發展的重要驅動力，台灣太陽能產業取得了一定的進展，台灣光電研究所研發的新型鈣鈦礦太陽能電池轉換效率高達 25.9%，突破了世界紀錄。台灣的儲能技術和太陽能發電系統智慧化等技術也在不斷創新。

表 3 太陽能產業面臨的挑戰

面臨的挑戰	描述
競爭壓力	全球太陽能產業競爭激烈，來自中國大陸的競爭尤為強烈。
能源政策變化	一些國家陸續減少或取消了對太陽能產業的補貼政策。
技術創新	技術創新的成本也比較高，如果台灣太陽能產業不能繼續投入足夠的研發和創新，就可能會錯過發展機遇。

表 4 太陽能產業未來發展趨勢

未來發展趨勢	描述
應用領域拓展	太陽能建築、太陽能汽車等都是太陽能產業的新興應用領域，未來的市場潛力巨大。
技術創新	太陽能產業需要繼續投入研發和創新，提高產品的轉換效率和可靠性，降低成本，提高競爭力。
政策支持	台灣政府應該繼續制定和實施太陽能產業的支持政策，鼓勵企業投入太陽能產業，促進產業發展。
國際合作	台灣太陽能產業應該加強與國際間的合作，吸收國際先進的技術和經驗，拓展海外市場，提高產業的國際競爭力

2.3 太陽能案場型態

近年來，隨著能源議題日益受到重視，太陽能產業也逐漸受到關注。台灣作為一個資源匱乏的島嶼國家，積極發展太陽能產業已成為政策上的重點。而太陽能案場的型態也因應著市場需求和政策變化而不斷調整。

(一)屋頂型太陽能案場

屋頂型太陽能案場是指將太陽能電池板安裝在建築物的屋頂上。這種型態的優點在於可以充分利用建築物的閒置空間，不會佔用土地資源。此外，因為屋頂大多是高度固定的，安裝起來也比較容易穩定。不過，屋頂型太陽能案場的缺點在於其安裝面積有限，無法提供大量的電力。根據朱延平等(2018)的研究指出，屋頂型太陽能案場

在台灣的安裝比例相對較高，尤其是在住宅區和商業區。而這種型態的太陽能案場，其最大的市場來源來自於太陽能光電系統的補貼政策。然而，補貼政策的調整也影響了屋頂型太陽能案場的發展。

(二)地面型太陽能案場

地面型太陽能案場是指將太陽能電池板安裝在地面上的大型太陽能發電場。這種型態的太陽能案場可以提供更大的發電量，且相對容易維護。而且，由於其佔用土地面積比較大，因此需要選擇合適的場地來建設。陳聖儒(2016)的研究中提到，地面型太陽能案場在台灣的建設相對較少。而這種型態的太陽能案場，主要是由政府或企業主將土地或屋頂出租給太陽能系統設置商，由其負責建置太陽能電池板、進行發電，再賣給電力公司，以供給一般家庭及企業使用，後來有一段時間政府開放地面型太陽能案場藉由土地變更成為特定目的用地來興建地面型案場，那時台灣地面型案場占了全年興建量的80%以上，然而這個政策於2020年農委會於7月7日明文禁止辦理土地變更，爾後地面型案場除政府標租案之外，幾乎全部消失無蹤。

(三)水面型太陽能案場

根據蔡鐘民(2020)等人所發表的研究指出，水面型太陽能案場是一個有發展潛力的項目，尤其對於在土地資源有限的台灣而言更具有重要性。然而，該研究也提出了一些可能會限制水面型太陽能案場發展的因素，例如在建設過程中可能會對當地生態環境造成一定程度的破壞，並且在管理和維護方面也存在一定的技術難度。

根據文獻資料顯示，太陽能案場型態的多樣性，除了能因應不同的場地環境和需求，還能提供更多元的發展機會。例如，屋頂型的太陽能案場可以利用建築物的屋頂，避免土地的佔用和破壞；地面型的太陽能案場則可以利用荒地或閒置土地，將其轉化為能源發展的機會；水上型的太陽能案場可以利用水域，同時也能提供漁業、觀光等多重功能。而太陽能光電雙軸追日系統則可以提高太陽能發電的效率，進一步提高太陽能發展的潛力。

總的來說，台灣太陽能案場型態的發展，不僅是台灣能源轉型的重要一環，也是台灣經濟發展的關鍵因素之一。透過政策的支持和市場的開拓，台灣太陽能案場的建設已經取得了初步的成效，同時也為未來的發展打下了堅實的基礎。在未來的發展中，需要進一步加強政策的配套，提高技術水平和裝備品質，以應對日益嚴峻的市場競爭和綠色發展的需求。

2.4 機電工程

在太陽能案場的建設過程當中，太陽能機電系統佔據著非常重要的角色，它和人類的血管可以相提並論，同時也可以將其比作人類身體當中的神經系統及重要性。機電系統的類型種類非常多，可以滿足各種方式的不同需求設備的設置，也可以在各處設置，由此可以將施工介面產生的衝突進行進一步的完善，在施工過程中通過輕微調整的方式，則可完善施工介面的衝突，如果有嚴重的情況產生，則需要對設計進行變更，或者對施工的作業進行重新建造避免對施工品質產生影響。

機電系統架構分為系統、回路、設備三部份，系統是由幾個回路所組成，個別回路是由管(Pipe)、線(Wire)、零件(Fitting)、支吊架(Support)、盤體(Paneiboard)、設備(Equipment)等元件所組裝而成。這些元件分佈於各層與各空間內。

介紹太陽能案場施工的機電工程概念

(一)定義機電工程

機電工程是一個綜合性工程領域，涵蓋了機械、電氣、電子、自動化、建築等多個學科領域的知識，其主要目的是設計、建造、安裝、調試和維護機械和電氣設備系統。在太陽能案場施工中，機電工程主要負責太陽能發電系統的設計、安裝、調試和維護工作。機電工程師需要具備豐富的專業知識和技能，熟悉機械、電氣、電子、自動化等學科的基礎理論和應用技術，能夠獨立完成機電設備系統的設計、安裝、調試和維護等工作。此外，機電工程師還需要熟悉相關的法律法規和安全標準，確保工程的安全性和可靠性。

(二)機電工程在太陽能案場施工中的重要性

在台灣太陽能產業發展的初期，很多廠商在施工中忽略了機電工程的重要性，導致太陽能發電系統出現了很多問題，例如太陽能板的損壞、電線接觸不良等等。隨著太陽能產業的逐步成熟和發展，越來越多的廠商開始意識到

機電工程的重要性，進而加強了在機電工程方面的投入。因此，在太陽能案場的施工中，機電工程的重要性不容小覷。張振國(2014)指出，太陽能發電系統的建造是由機電工程師所主導，其中包括：太陽能板架設、控制系統、變電器等基本組件的組裝以及施工監理工作。而太陽能發電系統的穩定運行也需要機電工程師的技術支持和管理，例如系統的維護、故障排除和升級等。

另外，太陽能案場的建設和運行需要機電工程師和相關技術人員的協作和合作，尤其是在大型案場的建設過程中，需要進行設備的安裝、測試、調試等，這些工作都需要機電工程師有著豐富的實踐經驗和技術知識。

總的來說，機電工程在太陽能案場施工中扮演著關鍵的角色，其技術水平和管理能力對於案場的建設、運行和維護都有著至關重要的影響。因此，機電工程師的素質和能力，以及機電工程師和相關技術人員之間的協作和合作，將對太陽能發電產業的長遠發展起到重要的作用。

(三)太陽能案場施工中機電工程的管理

於太陽能案場施工中，機電工程的管理是關鍵的一環。林華銓(2017)的研究指出，機電工程在施工階段需要進行多項管理，如預算管理、進度管理、人力管理、資源管理、品質管理等。其中，預算管理需要評估各項成本，從而達成控制預算的目的；進度管理則需確認工作進度，以避免施工延誤；人力管理需要確定人員配置，以確保人力資源的有效運用；資源管理則需管理施工現場的資源，包括機具、材料等；品質管理則需確保施工工作的品質，從而達成預期效果。以上管理項目都是太陽能案場機電工程管理的重要方面。

2.5 生產力(Productivity)

(一)生產力的定義

1766年法國的經濟學者奎內對生產力的概念進行了闡述。自那以後，國富論當中也有相關學者對生產力的概念進行了進一步的闡述，美國的學者在二次大戰以後推動了馬歇爾計畫(何宥鵬, 2006)也讓生產力概念大幅提升。人們對於生產力並沒有統一的定義標準，通常情況下，生產力指的是產出和投入之間的關係。前者比例高，生產效率高，代表一定的資源量和較高的產量；後者高於前者，這意味著應該投入更多的資源來實現同樣的效果。兩者都被廣泛使用(余世琦, 2008)。彭雲宏(1999)將生產力定義為“產出”與“投入”的比率。生產=“輸出”/“輸入”(輸出/輸入)。輸出，包括增值、輸出和/或輸出；輸出。宣傳，包括人力、資源、資本或其他資源。

以本研究中討論的機電工作組的能力為例，依 Thomas HR 生產力定義為“每 kw 設置範圍位置所需的工時”，定義為 WH/kw。興建 1kw 成本是通過設置的機械和電氣結構參數來計算的，並以興建 1kw 的工作時間來計算生產力。

(二)Thomas 生產力模型基本概念

Thomas 於 1983 年發表了美國建築工業協會 (CII) 的生產力開發，意思是「單位工作完成所需之工時」，即計算期內“投入”與“產出”的比率。

Thomas 用於監控和記錄施工現場的生產力為每日生產力 (DP) 和累積生產力 (CP)，計算如下：

$$\text{每日生產力：DP} = \frac{WH_i}{Q_i}$$

$$(\text{n 個工作天的})\text{ 累計生產力：P} = \frac{\sum_{i=1}^n WH_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

WH_i = 第 i 個工作天的工時(支薪工時)

Q_i = 第 i 個工作天完成的工作數量(不含重做數量)

3 研究方法

3.1 研究範圍

T 太陽能公司為營造業，營造業涵蓋了多種方面，它所涵蓋的方面非常廣泛，同時營造業也有著不同領域的分佈，涵蓋了 20.29% 的土木工程，11.48% 的建築工程，還有 6.4% 的水利工程以及 19.24% 的電路管道等等。由於營造業涵蓋面非常的廣泛，本研究當中，不包含土木工程以及其他方面的研究。本研究是以台灣南部地區的太陽能機電工程作為研究的對象，主要對實地工率的相關數據進行測量，對於台灣北部和中部等地區並不是本文的研究範圍內容。

3.2 研究方法

本研究將介紹實際施工案例，以 T 公司委託發包的太陽能工程機電工作單元為分析對象，採用觀察、記錄和收集相關數據的方法，基於 Thomas 測量的生產力分析架構對生產力進行量化研究，並蒐集現場第一線員工對工地的描述等質性資料做出分析。基於 Thomas 的生產力理論架構，總結該工程專案的每日生產力及累積生產力並繪製了生產力曲線，及分析生產力差異及損耗，並探求生產力損耗形成原因，最後提出研究結論、可能影響因子及研究建議。

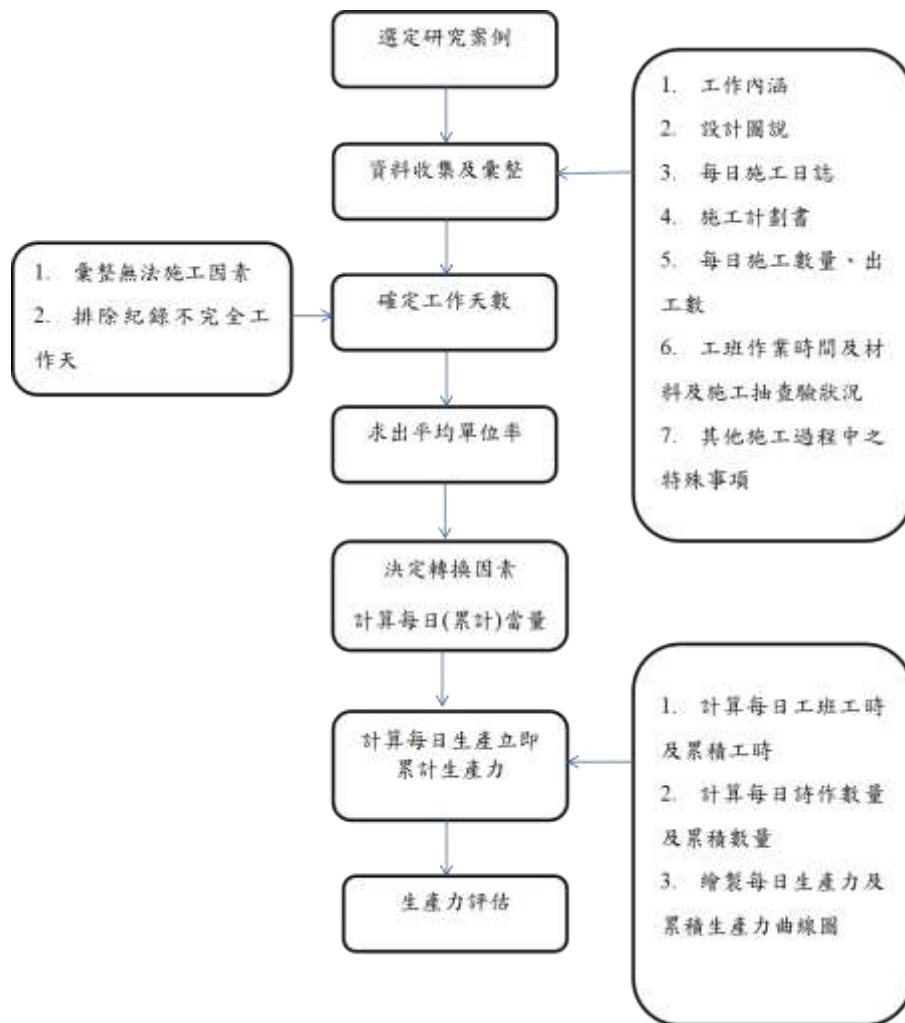


圖 2 Thomas 資料分析流程圖

3.3 量測及評估模式建立

透過案場詳細記錄案例的施工日誌、圖紙和現場調查，並參考現場人員的訪談意見整理成本所需的資訊，並記錄在文件中，用作生產力評估的基礎。使用 Thomas 生產力評估架構方法計算每日生產力及累積生產力。如果工作

中有兩個以上的動作，則利用轉換理論，將其轉換為等效標準工作量進行計算，本案例的機電工班生產力其工作性質及內容均一致，故無轉換因子問題。

H. R Thomas 於研究基準生產力中，認為取得基準生產力之最佳方式，係經由每日生產力之曲線，以生產力記錄之方式求得。而此基準生產力之取得步驟 (Thomas 1987)：

- 1、確定總工作天數之 10% 的數值。
- 2、取高於上述值且是最近的奇數但不少於 5，這數值 n (天數) 定義為基準子集合的規模。
- 3、選定 n 個有最佳產值或產出的工作天，全部一起即為「基準子集合」。
- 4、這些基準子集合的工作天都有「單一每天生產力值」。
- 5、基準生產力訂為基準子集合中的每天生產力值的中位數。

4 研究案例介紹與分析

本章介紹三個施工個案案例。本研究以 T 公司承包的太陽能工程機電工項為研究對象數據，通過現場觀察、記錄相關數據，以 Thomas (1987) 的生產力模型進行分析。

4.1、案例緣由

(一) 案例 A-屏東縣恒春鎮龍泉水段(地面型案場)

本案例選取的位置在屏東縣恒春鎮龍泉水段，該地區常年有良好的日照，在冬天時日照相對比較弱，夏季雨季持續時間較長，秋冬季有強風出現，參照以上相關因素，氣候因素會對太陽能施工人員的施工安全和施工的進度都會產生一定的影響。該案例屬於地面型的案件，當夏季時節，長降雨使土地變得泥濘，地面型的太陽能會難以施工，因此需要對土壤進行初步的改良或鋪設鋼板以便工程能夠順利的進行，在秋冬季時由於風量比較大，相關人員在進行太陽能板的鋪設時，會遭遇極大阻礙。太陽能板一張的長度大約為 1.6m，寬度通常為 1m，一塊太陽能板通常需要兩個人一起搬運。特別是地面型的案件，由於大部分高度都比較高，高度最高處約為 3.5m 左右，一般情況下會需要高空作業車來進行輔助施工。施工人員在秋冬季施工的時候，通常會因為落山風的原因存在施工的風險，因此、

1. 工程平面配置圖



圖 3 案例 A-工程配置圖

2. 工程相片



施工中照片



施工完成照片

(二)、案例 B-景山-社腳廠房-臺中市大肚區社腳里沙田路一段 00 巷 000 號(屋頂型案場)

本文案例選取的位置在臺中市大肚區，該地區常年有良好的日照，在冬天時日照相對比較弱，夏季雨季持續時間較長，秋冬季有東北季風出現，由於大肚區雖非直接臨海，但仍屬沿海地區，所以特色就是風量極大。該案例屬於屋頂型的案件，皆屬於高空作業，人員均需踩踏於鐵皮浪板上作業，雖有安裝護欄及安全母索裝置，但因風量並不小，施工上仍有相當危險性，尤其遇到下雨時鐵皮溼滑會更造施工人員更加危險，由於屋頂型案場皆只能依靠人員做運搬施作，因此在工程施工時需要對氣候加以關注，選氣候相對比較良好的情況下進行施工，注意施工安全，提升生產力的績效。

1.工程平面配置圖

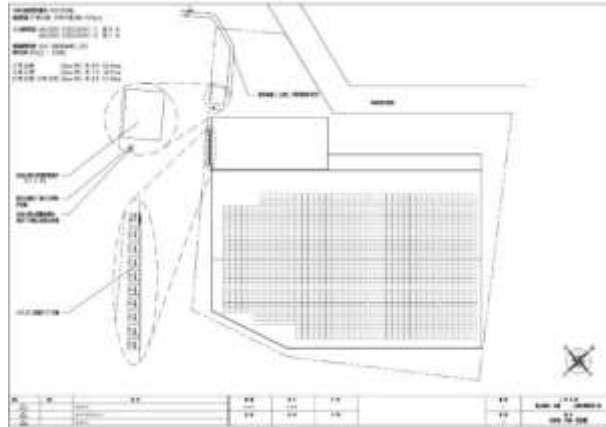


圖 4 案例 B-工程配置圖

2.工程相片



施工中照片



施工完成照片

(三).案例 C-OO 科技大學管理大樓(屋頂 RC 型案場)

本文案例選取的位置在高雄市燕巢區，該地區常年氣候溫馴，除夏季有雨外，其餘時間氣候良好，且為屋頂 RC 型案場，嚴格來說並不屬於高空作業，也毋需考量地質因素，唯在校園內，施工均需配合學校作息時間，上課時間無法發出噪音，有噪音工程須於例假日來做施工，以至於工進無法順利推動。

1.工程平面配置圖



圖 5 案例 C-工程配置圖

2. 工程相片



施工中照片



施工完成照片

4.2 案例生產力分析

根據前一章節所述的方法，本研究詳細記錄了本案例每日的施工日誌、施工計劃書、設計圖說以及現場觀察情況。同時參考了工地主任的意見，將這些資料轉換成本研究所需的數字和文字紀錄，作為生產力分析的依據。使用 H.R Thomas 生產力研究方法，本研究計算出每日生產力和累積生產力。如果一個作業需要兩個或以上的動作才能完成，則使用轉換因子的觀念，將其轉換成等值的標準工作量進行計算，本工項均為相同動作故可忽視轉換因子。

(一) 生產力曲線圖

將 A、B、C 三案場運算出每日生產力及累積生產力的結果，利用其運出每日生產力及累積生產力的數值，並繪製出生產力曲線圖。以多少小時施作 1kw 為單位計算之，所以當計算出來的數值越高時，相對代表其生產力越差，下圖 6 為三案場太陽能案件每日生產力曲線圖。

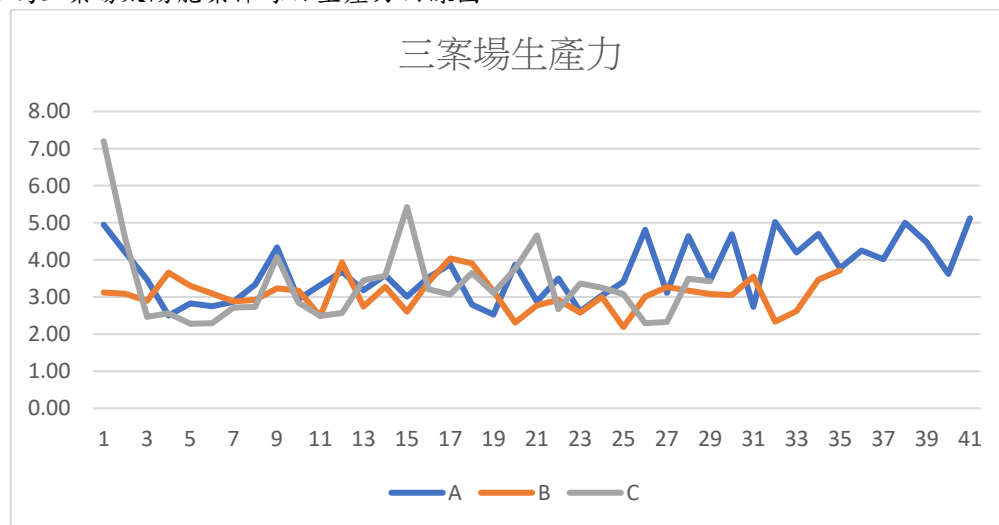


圖6 三案場太陽能案件每日生產力曲線圖

(二) 建立生產力集合表

從三個案場施工日報表生產力集合中，依優劣排序找到最佳的 5 個生產力值，如表 5 所示；

表5 三案場太陽能案件生產力集合表

工班	單元類別	生產力集合(WH/m ²)
A	地面型太陽能案件	2.50、2.53、 2.61 、2.73、2.75
B	屋頂型太陽能案件	2.19、2.31、 2.34 、2.48、2.58
C	屋頂 RC 太陽能案件	2.28、2.29、 2.29 、2.33、2.47

(三)計算累積損失生產力

各機電工項工班每日作業工時，依序每日累加成每日累積工時，另將各工項每日損失生產力累加成累積損失生產力。

1.案場 A:

表6 案場A太陽能案件累積損失生產力

工作天	工時	產出(kw)	基準生產力 (wh/kw)	每日生產力 (wh/kw)	無效率工時
1	120	24.22	2.61	4.95	56.67
2	120	28.59	2.61	4.20	45.46
3	104	30	2.61	3.47	25.8
4	104	41.57	2.61	2.50	-4.57
5	120	42.34	2.61	2.83	9.31
6	120	43.63	2.61	2.75	6.11
7	104	36.24	2.61	2.87	9.42
8	120	35.9	2.61	3.34	26.21
9	104	23.97	2.61	4.34	41.47
10	112	38.09	2.61	2.94	12.57
11	104	31.31	2.61	3.32	22.23
12	120	32.59	2.61	3.68	34.87
13	104	32.73	2.61	3.18	18.66
14	120	33.4	2.61	3.59	32.73
15	112	37.15	2.61	3.01	14.86
16	120	34.01	2.61	3.53	31.29
17	112	28.86	2.61	3.88	36.65
18	120	43.01	2.61	2.79	7.74
19	112	44.22	2.61	2.53	-3.54
20	120	31.02	2.61	3.87	39.09
21	104	36.17	2.61	2.88	9.77
22	120	34.27	2.61	3.50	30.5
23	120	45.95	2.61	2.61	0
24	120	39.47	2.61	3.04	16.97
25	120	35.17	2.61	3.41	28.14
27	104	21.64	2.61	4.81	47.61
28	120	38.64	2.61	3.11	19.32
29	120	25.84	2.61	4.64	52.46
30	104	30.21	2.61	3.44	25.07
31	120	25.6	2.61	4.69	53.25
32	104	38.15	2.61	2.73	4.58
33	112	22.33	2.61	5.02	53.82
34	104	24.76	2.61	4.20	39.37
36	104	22.15	2.61	4.70	46.29
37	120	31.74	2.61	3.78	37.14
38	112	26.37	2.61	4.25	43.25
39	120	29.84	2.61	4.02	42.07
40	112	22.39	2.61	5.00	53.51
41	120	26.76	2.61	4.48	50.04
42	112	30.98	2.61	3.62	31.29
43	120	23.42	2.61	5.12	58.78
					1206.26

經統計完成案場 A 統計期間，由於無效率損失累積時數為 1206.26 小時，以每日技術工金額為 3000 元，時薪為 375 元，其統計期間損失金額為 3000/8*1206.26=452,347 元。本項工程下包機電工班承攬價為 3500 元/kw，廠商對業主機電工程合約價格為 4,636,450 元。

2.案場 B:

表7 案場B太陽能案件累積損失生產力

工作天	工時	產出(kw)	基準生產力 (wh/kw)	每日生產力 (wh/kw)	無效率工時
1	40	12.84	2.34	3.12	10.02
2	40	12.95	2.34	3.09	9.71
3	48	16.58	2.34	2.90	9.28
4	48	13.1	2.34	3.66	17.29
5	48	14.55	2.34	3.30	13.97
6	40	12.9	2.34	3.10	9.8
7	48	16.68	2.34	2.88	9.01
8	40	13.69	2.34	2.92	7.94
9	48	14.87	2.34	3.23	13.23
10	40	12.63	2.34	3.17	10.48
11	40	16.11	2.34	2.48	2.26
12	48	12.21	2.34	3.93	19.41
13	40	14.61	2.34	2.74	5.84
14	48	14.63	2.34	3.28	13.75
15	40	15.41	2.34	2.60	4.01
16	40	11.72	2.34	3.41	12.54
17	40	9.91	2.34	4.04	16.85
18	40	10.24	2.34	3.91	16.08
19	48	15.2	2.34	3.16	12.46
20	40	17.29	2.34	2.31	-0.52
21	48	17.27	2.34	2.78	7.6
22	40	13.72	2.34	2.92	7.96
23	48	18.62	2.34	2.58	4.47
24	56	18.68	2.34	3.00	12.33
25	40	18.3	2.34	2.19	-2.75
26	40	13.28	2.34	3.01	8.9
27	48	14.68	2.34	3.27	13.65
28	40	12.61	2.34	3.17	10.47
29	48	15.6	2.34	3.08	11.54
30	40	13.12	2.34	3.05	9.32
31	40	11.28	2.34	3.55	13.65
32	40	17.12	2.34	2.34	0
33	40	15.28	2.34	2.62	4.28
34	40	11.52	2.34	3.47	13.02
35	40	10.75	2.34	3.72	14.84
					342.69

經統計完成案場 B 於統計期間，由於無效率損失累積時數為 342.69 小時，以每日技術工金額為 3000 元，時薪為 375 元，其統計期間損失金額為 $3000/8*342.69=128,508$ 元。本項工程下包機電工班承攬價為 3500 元/kw，廠商對業主機電工程合約價格為 1,749,825 元。

3.案場 C:

統計完成案場 C 於統計期間，由於無效率損失累積時數為 497.27 小時，以每日技術工金額為 3000 元，時薪為 375 元，其統計期間損失金額為 $3000/8*497.27=186476$ 元。本項工程下包機電工班承攬價為 3500 元/kw，廠商對業主機電工程合約價格為 2,162,160 元。

表8 案場C太陽能案件累積損失生產力

工作天	工時	產出(kw)	基準生產力 (wh/kw)	每日生產力 (wh/kw)	無效率工時
1	64	8.89	2.29	7.2	43.65
2	64	14.02	2.29	4.56	31.83
3	64	25.89	2.29	2.47	4.66
4	64	25.02	2.29	2.56	6.76
5	72	31.64	2.29	2.28	-0.32
6	64	27.91	2.29	2.29	0
7	64	23.49	2.29	2.72	10.1
8	64	23.44	2.29	2.73	10.31
9	72	17.64	2.29	4.08	31.58
10	64	22.43	2.29	2.85	12.56
11	64	25.68	2.29	2.49	5.14
12	64	24.9	2.29	2.57	6.97
13	64	18.54	2.29	3.45	21.51
14	72	20.16	2.29	3.57	25.8
15	64	11.78	2.29	5.43	36.99
16	64	19.95	2.29	3.21	18.35
17	72	23.45	2.29	3.07	18.29
18	64	17.53	2.29	3.65	23.84
19	64	20.61	2.29	3.11	16.9
20	72	19.17	2.29	3.76	28.18
21	64	13.73	2.29	4.66	32.54
22	64	24.01	2.29	2.67	9.12
23	72	21.44	2.29	3.36	22.94
24	64	19.71	2.29	3.25	18.92
25	64	20.75	2.29	3.08	16.39
26	72	31.41	2.29	2.29	0
27	64	27.51	2.29	2.33	1.1
28	64	18.32	2.29	3.49	21.98
29	64	18.74	2.29	3.42	21.18
					497.27

4.3 影響因子分析

A、B、C 三案場生產力不同的影響因子是多方面的，需要綜合考慮各種因素，才能制定出合理的施工計劃，提高生產力和績效，但相關影響因素過多，其分類有待未來研究，我們將影響因子整理如下表 9 所示：

表 9 三案場太陽能案件影響因子分析表

影響因子	A 案場	B 案場	C 案場
工程類型	地面型工程，需考慮地質因素和天候因素的影響	屋頂型工程，需要進行高空作業，存在安全風險	屋頂 RC 型工程，施工環境較單純，無需考慮地質和高空作業風險
氣候因素	夏季雨季持續時間較長，會對地面型工程施工帶來不便	所在地區風量較大，會對高空作業造成安全隱患	所在地區氣候較穩定，對施工影響相對較小
人力資源	需要進行較多的人力運輸，施工效率較低	需要具備相應的高空作業技能，對人力資源的要求較高	施工環境單純，人力資源的要求相對較低
設備工具	需要使用越野車輛等設備	需要使用高空作業車等設備	需要使用 RC 材料等特殊設備

4.4 施工組織架構及權責劃分

為確保施工階段中各項材料及施工品質符合規範要求本公司建立施工組織架構及權責劃分圖，詳如圖 7

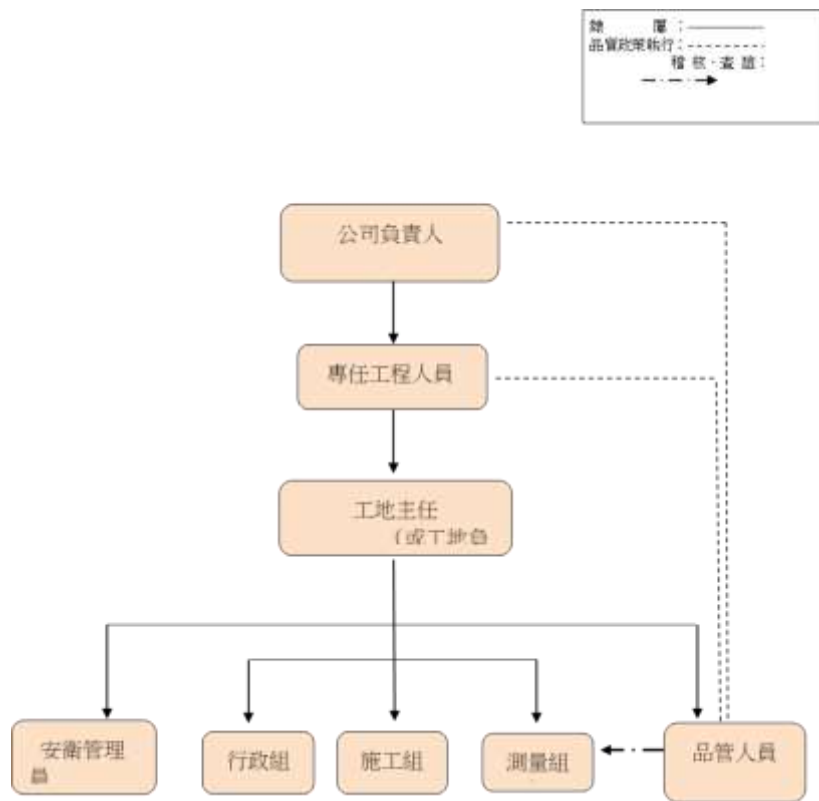


圖7 施工組織架構及權責劃分圖

5.結論與建議

5.1 研究結論

本研究的目標是提升改造太陽能工程的機電施工工項生產力和品質，因此我們通過對施工日誌的詳細分析和整理，建立了生產力分析系統，使用 H.R Thomas 生產力模型計算方法進行研究，以獲得每個工程專案的機電施工工項生產力數值。透過分析數據，我們發現了各案場生產力不彰的潛在問題，並且依此結論對提高生產力的管控及成本改善措施提出可能方案。這些數據可以幫助公司的負責人更好地了解和管理工作流程，進一步提高生產力和成本控管。基於對施工日誌的分析和整理，本研使用 H.R Thomas 生產力績效計算方法來取得各案場生產力數據，並將分析數據總結如表 10 所示：

(一)三案場太陽能案件累積損失生產力總表

本項工程下包機電工班承攬價為 3500 元/kw，廠商對業主機電工程合約價格為 3800/kw 元，以上述資料交叉比對可統計因無效率損失產生之金額上之損失，茲統計如表 10:

表 10 三案場太陽能案件累積損失生產力損失金額總表

案場	總工時	總產出(kw)	無效率工時	無效率損失金額	下包廠商支付工錢	承包廠商支付下包工程費	下包廠商(機電下包)推估利潤
A	4664	1324.7	1206.26	452,347	1,749,000	4,636,450	2,887,450
B	776	499.95	342.69	128,508	291,000	1,749,825	1,458,825
C	1912	617.76	497.27	186,476	717,000	2,162,160	1,445,160

由上述表 10 中，總結如下：

從上述三案場的數據中我們發現的基準生產力依序為 C>B>A，我們分析案場 C 因為為屋頂 RC 類型，作業環境最為單純，縱使外部干擾因素較多(須配合學校作業時間)期基準生產力仍為三案場間表現最好的，其次案場 B 為屋頂浪板類型的案場，其分析結論應為高空作業，且人員均須於鐵皮浪板上面踩踏施工，整體施工作業籍運搬均需人力完成，所以效率不若案場 C，而案場 A 因為為地面型，經訪談施工人員得出為何效率最差，其研究後發現主要原因為施工期間遇到下雨，地質軟爛，且因為高度較高，人員搬運材料均需仰賴高空作業車，而地質軟爛因素造成高空作業車行走困難所致，故生產力績效最差。這些結論可以幫助工程承包商更好地了解各案場的生產力表現和影響因素，進而採取相應的改進措施，提高工程效率和績效。例如，在 A 案場中，可以採取措施改善地質問題，加強高空作業車的行走能力等，以提高施工效率。而在 C 案場中，可以繼續維持良好的作業環境，控制外部因素的干擾，進一步提高生產力表現。

5.2 管理實務上的建議

基於上述研究結果和分析，針對 T 公司的情況，我們可以提出管理實務的建議：

(一)優化下包廠商管理

T 公司可以進一步細分下包廠商的成本構成，從而進行成本效益分析，更全面地評估下包廠商的利潤狀況。此外，T 公司可以建立一套完整的下包廠商管理系統，以便對下包廠商進行全面監控、評估和控制，從而獲得更好的報價和績效評估。同時，T 公司也應該加強自身的管理能力，提高工程管理水平，從而更好地掌握生產績效，有效控制工程成本，提高工程質量。

(二)加強工程現場管理

T 公司可以在工程現場增加相關設施和備品備件的儲備，確保施工過程中不會因為材料短缺而影響工程進度。同時，T 公司應該加強與業主的協調溝通，做好施工時間的安排，減少外部因素對生產績效的影響。另外，T 公司還可以利用現代化技術手段，如物聯網、雲計算等，建立一套工程現場監控系統，以便實時監控施工過程和生產績效，及時發現問題並進行調整。

(三)強化員工培訓

T 公司可以加強員工的技能和素質培訓，提高員工的專業知識和操作技能。同時，T 公司也應該注重對員工的安全教育和培訓，加強安全意識，減少工作安全事故的發生。此外，T 公司還可以加強員工的溝通和協調能力的培養，從而提高團隊協作效率，降低協調成本。

(四)改善工作環境和工具設施

T 公司可以改善工作環境和工具設施，提供更好的施工條件，從而提高工程生產力和效率。例如，T 公司可以提供高效的機械設備，減少人工勞動強度。

綜上所述，T 公司可以從下包廠商管理、工程現場管理、員工培訓和工作環境和工具設施等方面入手，針對性地加強管理和改進，從而提高工程生產力和效率，降低成本，提高質量，增強競爭力。

5.3 學術貢獻

本研究透過對太陽能機電工程下包廠商生產績效的研究和分析，揭示了機電工程下包廠商生產績效存在差異的現狀，並找出了影響生產績效的因素，從而對太陽能工程下包管理提出了相關建議。未來，可以進一步深入探討太陽能工程生產績效的其他因素和提高機電工程下包廠商生產績效的方法，為太陽能工程的順利實施和運行提供有力的支持。

研究發現機電工程下包廠商在太陽能工程中的生產績效存在著一定程度的差異，而這種差異與工作內涵、現場管理、工作經驗、工作習慣等因素密切相關。此外，統包商也可以利用這些研究結果，對機電工程下包廠商的報價進行壓制，以取得更具競爭力的報價，從而在競標過程中獲得更具優勢的條件。因此，在統包商進行篩選下包時，應該更加注重下包廠商的工作經驗、工作習慣和現場管理能力，並進一步對機電工程下包廠商的生產績效進行詳細

分析和比較，以獲得更好的報價和績效評估。同時，統包商也應該注重自身管理能力的提升，提高工程管理水平，從而更好地掌握生產績效，有效控制工程成本，提高工程質量。

另外，在本研究中，發現機電工程下包廠商即使在生產力表現不佳的情況下，仍然能夠獲得可觀的利潤，這反映出管理方面存在一定的問題。如果能夠對影響生產力的因素以及管理能力進一步進行分析，將有助於提高機電工程下包廠商的利潤。

5.4 研究限制及未來研究方向

本研究主要針對太陽能工程的機電工項進行生產力研究分析，並綜合了相關文獻，以及運用 H.R Thomas 生產力開發方法對生產力進行計算，得出了影響生產力的因素和損耗工率等數據，但仍有其限制。

(一)研究限制

總體來說，本研究的主要目的是對太陽能工程中的機電工程生產力進行評估和分析，以提高工程的生產效率。然而，本研究的限制是對於下包廠商的利潤情況未能進行深入探討，未來研究可進一步細分成本構成，從而進行成本效益分析。雖然在本研究中，僅針對其機電工程下包出工數所支付工資及從 T 公司領取之承包金額做一利潤推估，但這一推估並非絕對正確，這是因為機電工程下包廠商尚有其他成本需支出(例如每日出工伙食費、住宿費、未出工時費用損耗等等)，本研究的主要焦點在於機電工程的生產力評估，故對於機電工程下包廠商的利潤進行評估需要進一步細分其成本構成，並進行成本與效益之間的比較。然而，本研究對機電工程的生產力進行了深入分析，這對於管理人員改善現場工作流程、提升生產力具有重要參考價值。

此外，由於樣本數量和範圍的限制，研究結果可能存在一定的局限性。未來研究可以擴大樣本數量和範圍，進一步驗證研究結果的有效性和適用性。同時，可以探討影響生產力的其他因素，例如員工素質、現場設備和工具等因素，以提高太陽能工程的生產力和效率。

(二)未來研究方向

1.未來的研究可以針對不同性質及不同種類工項進行區分，譬如太陽能板組立、基礎工程等不同工項，以提高研究的具體性和可行性，並更全面地探討各種工項的生產力表現。

2.雖然本研究無法對工作內涵是否相近進行進一步有效的驗證，但未來可採用假設檢定的方法驗證其工作內涵是否相近，從而進一步探討不同工作內涵對生產力的影響。

3.針對不同性質工項，我們可以歸納出不同情境下的影響因子，同時利用複數迴歸分析方法探討其不同情境及因子所造成的工率損耗。此外，還可以研究外在環境因子與內部管理因子對生產力的影響，並提出相應的解決方案以減少干擾，從而使得統包商的績效評估及估價依據更具有參考價值。

4.本研究為太陽能工程機電工項的生產力研究提供了有效益的參考，同時也為未來進一步的研究提供了方向。未來的研究可以在方法和樣本選擇上做進一步的優化和改進，從而提高研究結果的可靠性和有效性。

總體而言，未來的研究可以在以上幾個方面進一步展開，從而深入探討太陽能工程機電工項的生產力和效益問題，為相關業者提供更加有價值的參考。

6.參考文獻

一 中文部分

- 1.內政部營建署。建築技術規則建築設計施工編碼。<http://w3.cpami.gov.tw/law/law/lawe-2/b-rule.htm>。
- 2.台灣電力公司(2022)。電力統計資訊。檢索自 <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=205>。
- 3.行政院主計總處(2014)。產值勞動生產力趨勢分析報告。
- 4.勞動部。勞動法令查詢系統。<https://laws.mol.gov.tw/>。
- 5.勞動部勞動及職業安全衛生研究所。<http://www.ilosh.gov.tw//>。
- 6.勞動部勞動統計專網。<https://www.mol.gov.tw/statistics/>。
- 7.王潤臺(1995)。“工程計畫控制—成效評估之分析及應用”，中興工程季刊第48期，P43-50。

- 8.台灣太陽能案場發展概況。科技政策月刊，(590)，29-40。
- 9.朱延平、王本正、許詞銘(2018)。太陽能發電投資效益評估之研究-以綠能屋頂專案為例。東海大學高階經營管理碩士在職專班碩士學位論文。
- 10.何宥鵬(2016)。全套管基樁生產力與影響因數之研究。國立高雄第一科技大學碩士論文。
- 11.何昭燕(1982)。生產管理精論(初版)。國井文化事業有限公司。
- 12.余世琦(2018)。低樓層鋼結構吊裝生產力之案例研究。國立高雄第一科技大學碩士論文。
- 13.吳珍洪(2005)。污水下水道用戶接管工程生產力預估模型之初步研究。高雄第一科技大學碩士論文。
- 14.林春豪、王淑婷、楊忠恕、曾庭瑞、楊淑敏、陳凱倫、楊思好、黃聲文、楊明軒、彭奕群、鄭吉祥(2020)。
- 15.林華銓、陳珮鈴、王慶偉、林志欽、黃志華(2017)。太陽能發電場機電工程施工管理研究。《工程科技通訊》，第30期，頁85-93。
- 16.張振國(2014)。太陽能光電系統應用技術[M]。科學出版社。
- 17.梁惠萍(2015)。空間桁架生產力影響因數之案例研究。國立高雄第一科技大學碩士論文。
- 18.郭維華、楊華、李欣怡、徐嘉穎、張哲琪、鄧浩雄、林致盛、李振源、陳思捷、劉穎恆(2020)。台灣太陽光電發展現況與展望。經濟前瞻，(126)，25-41。
- 19.陳文哲(1997)。現場管理與改善(二版)。中興管理顧問公司。
- 20.陳聖儒(2016)。台灣地面型太陽能發電系統之投資效益分析。國立中興大學高階經理人在職專班碩士論文。
- 21.彭莞婷、張智奇(2010)。由施工架組搭安全工法之推動談第一線勞工安全行為的導正及安全文化之建立。
- 22.彭雲宏(1999)。實質生產力調查與自動化績效目標研擬。內政部建築研究所。
- 23.黃弘銘(2007)。改進分析營建基準生產力的方法。高雄第一科技大學博士論文。
- 24.黃弘銘(2008)。改進分析營建基準生產力的方法。高雄第一科技大學博士論文。
- 25.劉子綸(2004)。工率回算模式建立營造工程單價分析之研究。國立中興大學碩士論文。
- 26.劉福勳(2004)。“營建生產力之量度及其效益”，營造天下，102，P17-21。
- 27.劉福勳(2005)。營建業生產力之現況與展望。2005年中華大學研究成果論文發表會。
- 28.蔡惠華、林銘瀚(2016)。104年底產業及社福外籍第一線勞工概況，勞動部統計處。
- 29.蔡鐘民、何宇軒、彭曉芸、鄭旭榮、蕭博仁(2020)。台灣水面型太陽能發展現況、影響因素及前景分析。綠能科技，4(4)，1-12。
- 30.餘朝權(1984)。企業生產力衡量與分析(初版)。中國生產力中心。
- 31.謝政翔(2011)。施工架人因工程與計價模式之探討。中華大學碩士論文。

二.英文部分:

- 1.C. Chen, H. Chen, and C. Chen, "Modeling and optimization of a solar power system with the MPPT technique and inverter control," *Energies*, vol. 11, no. 5, pp. 1-19, 2018。
- 2.Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw- Hill. N.Y。
- 3.Bhushan, N.; Rai, K. (2004). *Strategic Decision Making Applying the Analytic Hierarchy Process* (IX, P11-21)。
- 4.Thomas, H.R., Riley, D.R. and Sanvido, V.E. (1999). "Loss of Labor Productivity due to Delivery Methods and Weather", *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 125, No. 5, pp. 39-46。
- 5.Thomas, H.R. (1991). *Labor productivity and Worksampling: the bottomline.*, *J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE*, 117(3), 423-444。
- 6.Thomas L. Saaty. (1990). *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research* 48(1990) (P9-26)。
- 7.Thomas L. Saaty. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. *Int. J. Services Sciences*. Vol. 1. No. 1. P83-98。

8. Thomas, H.R. and Yiakoumis, I. (1987) .Factor model of construction productivity. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE, 113 (4): 623-639 ◦
9. Thomas, H.R., Maloney, W.F., Horner, M.W., Smith, G.R., Handa, V.K. and Sanders, S.R. (1990) . Modeling construction labor productivity. Journal of Construction Engineering and Management. 116 (4): 705-726 ◦
10. Thomas, H.R. (1991) .Labor productivity and Work sampling : the bottomline. ◦ Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. 117(3) , 423-444 ◦
11. Thomas, H.R. and Raynar, KA. (1997) . Scheduled over time and labor productivity: quantitative analysis. Journal of Construction Engineering Management. 123 (2): 181-188 ◦
12. T.G. Shree Raja Gopal ◦ Dr. K. Murali. (2016) . Secondary Data Analysis on Factors Affecting Labour Productivity in Construction ◦ International Journal of Scientific and Research Publications. Volume 6, Issue 5, May 2016 ◦ P401-405 ◦
13. H.R. Thomas, M. ASCE, Iacovos Yiakoumis. 1987 年 11 月
14. Factor Model of Construction Productivity, Journal of Construction Engineering and Management. Vol 113, No. 4 p772-779 ◦
15. H. Randolph Thomas, and Karl A. Raynar. (1997). Scheduled overtime and labor productivity : Quantitative analysis., J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE, 123 (2) , 181-188 ◦
16. H. Randolph Thomas, and Iacovos Yiakoumis (1987). Factor Model of Construction Productivity., J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE, 113 (4) , 623-639 ◦
17. H. Randolph Thomas, Maloney, W.F., Smith, G.R., Sander, S.R., Horner, R.M. W., and Handa, V.K. (1990). Modeling Construction Labor Productivity., J. Constr. Engrg. And Mgmt. ASCE, 116 (4) , 705-726 ◦