中文摘要

全球環境議題的嚴峻性日益明顯，碳排放成為影響氣候變遷的關鍵因素。在此背景下許多國家紛紛制定方案以實現碳中和目標，本研究將透過 ISO 14064-1:2018 規範下的標準進行組織型溫室氣體盤查，所以將透過「完整性」與「標準化」來作為研究流程依據。而最直接面臨到的問題是減碳壓力逐年升高的製造端，其作為排放來源多數中小企業也缺乏盤查能力。就此，本組透過詳細的數據收集，並將溫室氣體排放源分為以下四大範疇進行盤點。分為直接移動、運輸間接、直接逸散等，並於範疇下探討排放的氣體為二氧化碳 (CO2)、甲烷 (CH4) 及氧化亞氮 (N2O)等的計算方式。同時傳統工廠尚未建立標準化的碳盤查流程，也未有「SOP」相關規範，並對碳盤查流程、排放係數、活動數據掌握不足。故本研究透過設計個案公司符合規範的標準作業組合（SOP），來導正員工的動作變異。本組在個案公司內導入日本豐田汽車公司之豐田生產系統（Toyota Production System, TPS），提出 TPS 七項準則中的改善（Kaizen）以及解決的過度加工（Over-processing）的問題。使企業接著實踐 TPS 變革。減少相關能源的浪費及氣體排放。

本研究的核心貢獻在於，在「豐田生產系統(TPS)」的基礎上實踐變革，是為「基底心態建立」。藉由此次變革，消除個案公司的浪費問題，並有應對不同情境問題的能力。本研究不僅補足了傳統精實管理在特定產業應用的理論缺口，更為企業在衡量資源配置與流程精進時提供了具備高度可操作性的實務指引。

摘要關鍵字:TPS、豐田式、碳盤查、ISO 14064-1:2018、SOP

英文摘要

· As global environmental issues continue to intensify, carbon emissions have become a key factor affecting climate change. Under this circumstance, many countries have established countermeasure to achieve carbon neutrality goals. Therefore, this study conducts an organizational greenhouse gas (GHG) inventory based on the ISO 14064-1:2018 standard, using “completeness” and “standardization” as the foundation of the research process.

The manufacturing sector is currently facing increasing pressure to reduce carbon emissions year by year. However, as a major source of emissions, most small and medium-sized enterprises (SMEs) still lack the capability to conduct carbon inventories. Therefore, this study performs detailed data collection and categorizes greenhouse gas emission sources into four major categories for inventory analysis, including direct mobile emissions, indirect transportation emissions, and direct fugitive emissions. In addition, this study discusses the calculation methods of greenhouse gases, including (CO2), (CH4), (N2O).

At the same time, many traditional factories have not yet established standardized carbon inventory procedures or related Standard Operating Procedures (SOPs). As a result, operators often rely on habitual working behaviors and demonstrate insufficient understanding of carbon inventory procedures, emission factors, and activity data. Therefore, this is aim to redesigns the Standardized Work Combination (SOP) for the case company in order to reduce operational variations among employees.

Furthermore, this study introduces the Toyota Production System (TPS), developed by Toyota Motor Corporation in Japan, into the case company.TPS principles, particularly Kaizen (continuous improvement) and the reduction of over-processing waste are appiled to improve operational process the company further practices TPS transformation while reducing energy waste and greenhouse gas emissions.

The core contribution and purpose of this study based of implementing

transformation based on the Toyota Production System (TPS). Through this transformation, the case company was able to eliminate operational waste and improve its ability to respond to different situational problems. This study fills the theoretical gap regarding the application of traditional lean management in specific industries, provides enterprises with practical guidance for resource allocation and process improvement.

Keywords: Toyota Production System (TPS), Carbon Inventory, ISO 14064-1:2018, Standard Operating Procedure (SOP)

誌謝

回首這段一年的製作專題時光，像是經歷了一場漫長卻無比充實的智識洗禮。從最初的無助沒有教授願意指導我們組別，以及對研究主題的摸索迷惘，到最終能將此篇專題。

首要感謝的是這一路上我們指導教授何境峰教授，何博士細心的協助我們每一位同學，因材施教，願意伸出援手幫助我們完成此次的畢業專題，攜手教導我們 ISO 14064-1:2018 標準進行組織型溫室氣體盤查內容，讓我們從無到有的學習，也培養我們正向的學習態度，給予我們諸多幫助，當在面臨專題繳交期限時，依舊撥冗來幫助我們完成本次的製作，且逐一修正錯誤，為我們日後的學習方式奠定基礎。

也謝謝所有書面審查教授以及口試人員們的付出，對我們來說是意義非凡的，能夠給予我們截然不同的對於這份專題的見解。

最為感謝的是穩陞工業有限公司，在百忙之中，願意聆聽及接納我們的想法及重視我們的需求，給予我們適時的幫助，提供我們一整年的碳盤查全部資料，願意公開工廠內部，提供我們具體的拍攝需求，最為感謝的是老闆，還有二老闆，特地排出空閒的時間讓我們彼此認識，心胸非常寬廣，視同我們如自己的學生一樣，細心的指導，提供我們不同層面的想法，也將最新尚未公布的製程都讓我們一睹為快，同時也由衷感謝幫忙接洽的楊小姐，願意在閒暇時間與我們聯絡，帶我們參觀工廠內部，為我們介紹公司內部文化。

此外，更要將最深切的感謝獻給一同並肩作戰的專題組員們。在這長達一年的專題製作過程中，每位夥伴都展現了高度的責任感與團隊凝聚力。大家不僅在各自負責的崗位上恪盡職守、各司其職，更在面臨緊迫的時間節點時，齊心協力按時交付高水準的階段成果。這一路上，我們共同度過了無數次數據核對，也有過想法不合的時候。如果沒有每一位組員的不離不棄、毫無保留的付出，這份凝聚眾人汗水的專題報告絕無法順利付梓成冊。這份同甘共苦的革命情感，無疑是我們大學四年裡最深刻且無可替代的珍貴回憶。

目 錄

中文摘要..... I
英文摘要..... II
誌謝..... IV
目 錄..... V
圖目錄..... VII
表目錄..... VIII
第一章 緒論..... 1
1.1 研究動機..... 1
1.2 研究背景..... 1
1.3 研究目的..... 2
1.3-1 研究方法..... 2
1.4 研究流程:..... 3
第二章 文獻探討..... 4
2.1 碳盤查定義及原則:..... 4
2.2 工廠主要排放來源:..... 4
2.3 節能減碳技術與產業趨勢:..... 5
2.3-1 能源系統性循環..... 5
2.3-2 汰換碳排放接軌綠能..... 5
2.4TPS 核心概念..... 6
2.4-1TPS 定義:..... 8
2.4-2 TPS 四大核心規劃:..... 8
第三章 原理與方法..... 10
3.1 碳盤查範圍及方法：..... 10
3.1-1 組織邊界與報告邊界..... 10
3.1-2 排放源鑑別..... 10
3.1-3 量化方法與計算程序..... 11
3.2 能源排放情況..... 11
3.2-1 外購電力之間接排放(類別二)..... 11
3.2-2 移動燃燒與交通運輸之排放(類別一與其他納入範疇)..... 12
3.3 計算公式說明..... 12
3.3-1 基本量化公式..... 13
3.3-2 直接排放量化公式..... 13
3.3-3 間接排放量化公式..... 13
3.4 排放係數使用依據..... 14
3.4.1 排放係數來源..... 14
3.4.2 排放係數選用原則..... 15
3.4.3 全球暖化潛勢值（GWP）使用依據..... 15
第四章 個案探討..... 18
4.1 個案工廠現況及內部探討..... 18
4.2 公司設備及作業現況..... 21
4.2-1 內部探討..... 21

4.2-2 製程與手工具介紹 22
4.3 碳盤查說明.....24
4.3-1 計算公式說明 25
4.3-2 核心量化公式 25
4.3-4 輸入電力間接排放 (Category 2) ： 26
4.4 TPS 減碳應用 26
4.4-1 TPS 減碳方法導入 28
第五章 結論與建議.....29
5-1 研究結論 29
5.2 未來期望.....29
參考文獻.....31

圖目錄

圖 1- 1 研究流程.....3
圖 3- 1 飲水機.....16
圖 3- 2 冷氣室外機.....17
圖 3- 3 冷氣室外機.....17
圖 4- 1 手工具胚料之高頻感應加熱與輸送.....18
圖 4- 2 高速模鍛機之預鍛程序.....19
圖 4- 3 精密鍛造機之精鍛程序.....19
圖 4- 4 沖床手工具飛邊沖切作業.....19
圖 4- 5 精整機進行冷間校正與沖孔.....20
圖 4- 6 手工具鍛造成型之半成品.....23
圖 4- 7 手工具經研磨拋光之成品.....23
圖 4- 8 碳盤查步驟分析.....24
圖 4- 9 尚未建立 SOP 前成品暫存區 27
圖 4- 10 TPS 導入後建立暫存區 減少空間浪費 27

表目錄

表 2-1 5W2H 流程表.....7
表 4-1 ISO 14064-1:2018 碳排放氣體說明定義.....24
表 4-2 個案公司 TPS 推動流程表.....28

第一章 緒論

1.1 研究動機

全球環境議題的嚴峻性日益明顯，碳排放成為影響氣候變遷的關鍵因素。在此背景下許多國家紛紛制定方案以實現碳中和目標，台灣作為積極參與者之一，也推出一系列措施來減少碳排放，如能源轉型、節能減碳政策等(陳紅媮，2024)，所以需要透過「完整性」與「標準化」來作為研究流程依據，本研究選擇個案工廠為個案研究對象，研究動機原因如下

1. 面臨減碳壓力逐年升高工廠作為製造端排放來源，必須即早掌握自身排放狀況，才能制定具體減碳策略，多數中小企業缺乏盤查能力，許多工廠尚未建立標準化的碳盤查流程，相關人員也對碳盤查流程、排放係數、活動數據掌握不足，因此需建立可重複盤查的框架。
2. 國際市場要求提升若未能提供完整的碳足跡、排放資訊，未來產品出口可能面臨碳稅成本與市場限制，協助工廠辨識排放熱點，然而不僅要透過 ISO 14064-1:2018 標準計算後，針對歐洲碳邊境關稅採取因應對策。
3. 企業需要導入豐田式（Toyota Production System, TPS）概念，TPS 的主要目的是杜絕不平衡(Muri)、不均勻(mura)、浪費(Muda)，同時也將浪費歸類出了七種：而其關鍵背後理念是杜絕浪費，不需要庫存的情況下，也衍生出豐田模式(The Toyota Way)(吳欣珊，2023)。實際盤查可找出主要排放來源，提供改善方向，延伸到節省能源與永續管理。因此，本研究希望透過實際工廠案例，建立一套明確流程，作為後續企業推動碳管理之參考模式。

1.2 研究背景

近年來全球面臨嚴重的氣候變遷問題，溫室氣體排放已成為國際社會關注的焦點。各國陸續訂定淨零排放（Net Zero）目標，其中包括碳邊境調整機制(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)由歐盟率先實施、國際組織 ISO 14064-1:2018、企業永續報告書（ESG）要求等規範，使得傳統製造業必須更加重視碳排放管理。在台灣，政府也積極推動《溫室氣體減量及管理法》，要求高排放產業逐步進行盤查與揭露。因此，工廠的碳排放盤查已不再只是企業自

願行為，而是確保競爭力與符合國際貿易要求的重要行動。製造業因能源消耗大、製程複雜，是台灣主要的排放來源之一，因此建立一套完整且符合國際規範的碳盤查流程，對企業永續發展與環境管理都具有重要意義，傳統的改善模式已顯疲態。在少量多樣、快速變動的世界市場需求下，傳統精實改善高度依賴人工觀察與紙本記錄的方式，在數據的即時性與準確性上已遭遇根本瓶頸(葉治平，2026)

1.3 研究目的

1.查找相關個案，TPS 個案研究

2.透過數據找到工廠能源與製程的排放來源，並計算

3.提出可行的減碳策略與改善建議，協助工廠落實永續管理。

4.建構出可供中小企業參考的碳盤查標準模型。

5.TPS 個案實際運用

1.3-1 研究方法

TPS（豐田生產系統）與碳盤查相關連的研究故在資料蒐集與分析的各層面採整體式結合，在過去文獻中鮮少出現將兩者結合的情況，故本研究將個案套入在理論以及實地訪談結果並計算，研究初期將研究實際案例以及國內外專業學識，並進行分析 TPS 核心思想（如消除浪費、良率達成 100%）與本研究構建的碳盤查範疇的相關研究進行探討結合，透過實踐 TPS 的關鍵要素與碳盤查數據管理，構成在 ISO-14064-2018 的規範下以及台灣對於中小企業之限制中在最有限的資源下能達成的永續效益，本研究也希望將 TPS 的持續改善（Kaizen）精神內化為綠色文化，真正套用在企業當中，使基層員工在日常作業中即可自主實踐節能減碳。

1.4 研究流程:

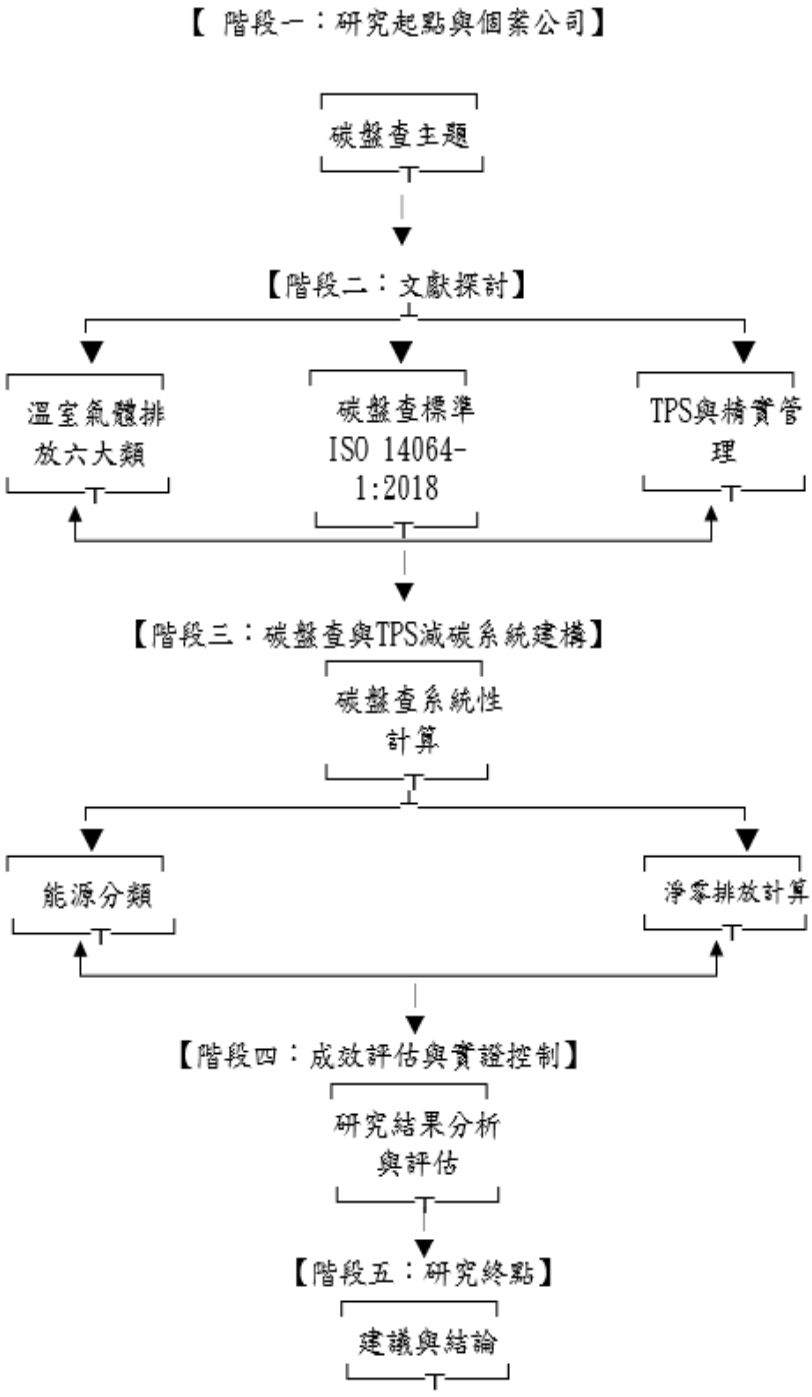


圖 1- 1 研究流程

第二章 文獻探討

2.1 碳盤查定義及原則:

中小企業針對其營運活動中直接與間接產生的溫室氣體進行清查、數據收集與量化計算之過程指出，企業與組織在執行碳盤查時，通常依循國際通用之標準程序 ISO 14064-1:2018，針對營運過程中所產生的直接與間接溫室氣體排放進行盤點和分析。盤查內容包含原物料的採購、產品製造、銷售、物流運輸，以及員工通勤等活動所衍生的碳排放，進而達到確保排放量評估的完整性，在此基礎之上，詳實的盤查數據不僅能協助中小企業識別高能耗熱點還能檢視出成本的耗損，就能進一步制定改善方法，這不僅能協助企業優化資源配置、降低能源成本，更能將量化的盤查數據轉化為具體的永續發展績效，，讓企業能在永續的能源發展中保持彈性及在國內競爭中保持優勢。

2.2 工廠主要排放來源:

本節針對 個案公司本廠及二廠內設施及行政辦公室，依據其能源消耗與營運特性，將溫室氣體排放源分為以下四大範疇進行盤點，分為直接移動、運輸間接、直接逸散、間接電力，直接運輸的，直接移動及運輸間接主要行為是要來自於廠區公務車之業務往返、廠內貨車之原物料搬運，以及全體員工用上下班之汽機車輛之運行調查，涉及燃料與氣體：這些車輛消耗汽油與柴油，在引擎燃燒過程中會排放出二氧化碳 (CO2)、甲烷 (CH4) 及氧化亞氮 (N2O)。

直接逸散主要是指人為系統或設施在運行與維修過程中，溫室氣體非故意性地洩漏或釋放，本廠與二廠內各空調與製冷設施包含冷氣（如 MA2 1010FM、MAS713N）、飲水機（BQ-98）其在填充或管路老化時，會逸散出 R-22 或 R-134a 等氫氟碳化物 (HFCs)，在使用化糞池等設施中排放的氣體為甲烷 (CH4)。

而間接電力所指的是因使用購入之外部電網能源所產生的排放，為工廠碳足跡中最核心的組成部分，主要源於生產線核心設備的電力驅動，包括流程製造中所需電力之高週波電爐加熱設備、鍛造機、機台間自動輸送帶，而產生的氣體二氧化碳 (CO2)，以上所述之各類排放源及其衍生氣體，皆需透過嚴謹的數據收集與活動強度統計，並轉換為二氧化碳當量（CO2e）進行量化管理。對個案公司而言，詳實盤點本廠與二廠的排放細節，不僅是為了符合 ISO 14064-1:2018 之規範，更是為了在面臨全球減碳趨勢時，可以找到最具科學數據的成

本效應，來減少相關的廢氣排放，以利提供給公司最佳的決策方能能減少成本的支出，達到最高效應轉而將碳排壓力轉化為營運效能提升與國際內外永續競爭力的成長契機。

2.3 節能減碳技術與產業趨勢:

在應對國際上提倡的氣候變遷調整戰略，本小組已將碳盤查從單純的計算程序，轉向提升永續競爭力的核心手段。本節將探討 ISO 14064-1:2018 標準下的系統化調整，調整成如何將中小企業邁向淨零目標，本章節提出兩個要點執行。

2.3-1 能源系統性循環

中小企業在落實 ISO 14064-1:2018 盤查後，不應止步於數據揭露，而應根據盤查結果進行能源系統性調整，製程能源回收利用導入先進的「廢熱回收」，針對工廠製成內部機器如高週波電爐、鍛造機等高能耗設備產生的剩餘能量，建立封閉循環系統。透過模組化發電或熱交換技術，將排放端的浪費轉化為自給自足的乾淨電力，有效降低二氧化碳 (CO2)之排放。數位化智慧監控，導入智慧管理介面，由管理人員進行遠端即時數據監控。透過人工維護與能源調整，優化生產排程，確保企業能以最低碳強度達成產能目標，從而降低國際碳關稅帶來的成本衝擊。

2.3-2 汰換碳排放接軌綠能

中小企業位於國際供應鏈的中上游，應優先做好綠能管制，藉此強化與大型品牌商的綠色對接。物流供應鏈不再是後端配套環節，而是成為串聯消費需求、服務創新與流通效率的核心樞紐，構建起「需求—服務—流通—重構」的價值閉環運輸鏈排放消減，並針對盤查清單中的「上、下游運輸」與「員工通勤」，主動採取運輸低碳化策略。包含優先選用具備低排放標章之物流業者，以及逐步導入運具電動化技術，以減少對石化燃料及較多排放氣體之設備的依賴。物質替代與逸散管理：系統化地將高全球暖化潛勢（GWP）的物質進行更換，如將公司內部的傳統 R-22、R-134a 冷媒逐步汰換為環保冷媒。透過建立嚴謹的人工檢測漏損監控機制，減少非必要之直接逸散排放，藉此建造透明且低碳的產品履歷。

2.4TPS 核心概念

精實管理起源於TOYOTA豐田式生產（TPS，Toyota Production System），為「精益生產」的先驅，簡稱精益（lean）或精實，由豐田提出的一套管理理念與實踐，在 1948 年和 1975 年間開發系統，直到 1990 年間才稱為精益生產。TPM 講保養，TQM 要求品質，而 TPS 講求的是效率，其核心精神為「加速流程、徹底消除浪費」，其「八大浪費」是強調在生產流程中排除浪費，例如：過量生產、加工浪費、等待、搬運、庫存過多、不良品、不必要的動作、未充分運用人員，進而節省成本，提高生產效率及改善品質，用最少的工作創造價值，實現零低庫存、高效率、品質穩定的理想狀態。

TPS 主要兩大支柱為：「Just-In-Time（及時生產）」和「自働化（Jidoka)」。「Just-In-Time」強調及時性，對精準度方面的要求極高，將必要的原物料或零組件以必要的數量即時送至生產線，僅在需要的時間生產所需要的數量，減少過多庫存積壓，也是一種庫存管理。「自働化」則是當機器在生產過程中，檢測到有缺陷零件時能夠自動停機，隨後工人停止生產線進行檢查，以防不良品產出，為「品質源頭」。TPS 五大原則有：識別價值、專注創造價值的流程、消除浪費和創造流動、拉式管理、力求完美。識別價值：從顧客的角度去確認產品的價值所在。專注創造價值的流程：檢視產品在設計、銷售、製造等各個階段的作業內容，進一步消除浪費，掌握完整的價值流程。消除浪費和創造流動：重新檢視工作方法和工具，並消除其非增值作業，使產品的各個生產環節以連續順暢的方法進行。拉式管理：以顧客需求為導向，透過順暢且高效率的流程提供服務，避免過早或過多的投入，減少不必要的浪費。力求完美：持續改善，進而接近完美。精實作業起源於日本汽車製造商豐田的生產方式，而豐田的系統被稱為「豐田生產系統」，以下是常見的幾個術語：無駄（muda)：減少浪費與低效率的活動看板（kanban）：一種依照需求訊號來補充物料的手動管理方式，主要用來控制工廠內零件與物料在各工作站之間的流動。當工作站的零件容器用完時，系統會立即補充少量零件，以確保生產過程中物料能持續供應、不會中斷。平準化（heijunka）：使工作負荷平均化，實現穩定的工作流程。改善（kaizen)：系統需要持續進行改善，因永遠都有進步的空間，所以這種改善活動必須持續不斷地推動與執行。

構成精實系統設計有四大要素：產品設計、流程設計、人員/組織要素、製造規劃與管制。其中產品設計有四個重要要素：標準零組件、模組化設計、內建品種的高效能生產系統、同步工程。流程設計中特別注重的八個方面：小批量生產、縮短設置時間、製造單元、品質改善、生產彈性、系統平衡、少量庫存及防呆方法。與人員/組織相關有五項重要因素：員工視同資產、多技能員工、持續改善、成本會計、領導/專案管理。七個與製造規劃與管制的要素：均衡生產負荷、拉式系統、可視化系統、限制在製品、緊密的供應商關係、簡化交易處理、預防性維護和良好的工作場所。

1. 在精實系統中用於改善的兩種工具：價值流程圖及 5W2H。
2. 價值流程圖：是一個視覺化的工具，用於系統地審視將產品或服務交付給消費者所涉及的物料和資訊流。
3. 5W2H：對流程提出一些關鍵問題幫助降低成本和減少浪費。

表 2-1 5W2H 流程表

類別	5W2H	問句	目標
主題	What?	目前正在做什麼？	判定分析的重點。
目的	Why?	為何必須做？	消除非必要的任務。
地點	Where?	何處完成的？ 為何在此完成？ 是否有其他更適合完成的地方？	改善執行地點。
時序	When?	何時完成的？是否有其他更適合完成的時間？	改善作業時機。
人	Who?	誰在做此事？ 有其他更適合做的人嗎？	改善作業安排或產出。
方法	How?	如何完成的？	簡化任務，提升成果。
成本	How much?	這需要多少成本？	選擇更佳的方法。

2.4-1TPS 定義:

豐田生產系統(Toyota Production System，TPS)又名豐田式生產管理(Toyota Management)，是日本 Toyota 汽車副總裁大野耐一所建立現代化生產管理模式，不但結合了豐田集團的 Just in Time（即時化生產）即時管理系統與 Kanban 看板， TPS 乃是一門歷久彌新的製造管理顯學，過程中也發展出許多不同角度切入 TPS 實踐的方法論，然而台灣傳統產業對於 TPS 實踐仍舊處於雷聲大雨點小的困境，實踐程度方面仍無法全面普及(朱建瑋，2020)，（Just-In-Time, JIT）的概念帶入到傳統工廠中會造成過多的存貨成本，需要大型倉儲空間以及備用存貨成本，而如果帶入 Just-In-Time 改良後的工廠運作模式讓客戶下訂單後再開始製成的模式，讓製成可以沒有浪費的情況，當有需求再開始製成的模式，透過「製物的方法」來改變製造成本，建構生產線，JIT 也是以工程內「一個流」的搬運為基礎的物品搬運方式。徹底排除「浪費」，浪費便是「一切與生產有關、卻不會帶來任何附加價值的過程」，「浪費」通常都是因為不當的管理所造成(陳素玲，2020)。自働化（Jidoka）：源自創辦人的觀念，目標是「打造不會做出不良品的生產線」，確保品質 100% 是良品，並在發現問題時能即時暫停、找出根本原因並且汰除。

2.4-2 TPS 四大核心規劃:

豐田生產系統（Toyota Production System, TPS）由日本豐田汽車公司的副社長大野耐一創建，是豐田公司的一種獨具特色的現代化生產方式。豐田式管理本質：豐田式生產管理不僅是生產管理的工具及技術，更是豐田將理念付諸於行動的完美範例。(曾國華，2019)，個案公司目前正從 OEM（代工）轉型為 ODM（客製化/供應商）的策略發展，這表示少量多樣與交期的考驗變大，在一個專業鍛造場中需要大量的製程以及零容錯率，良率 100%的情況下完成，那就需要導入更效能的方法來完成，豐田生產系統需要盡一切努力滿足客戶需求和持續改進，以提高品質，增強運營效率和減少資源浪費。授權員工嘗試環境以尋找更好的方法，並教會所有員工如何使用科學方法來解決問題。(曾國華，2019)，大野耐一（1988）指出，TPS 實施中最大的目標是改造原有的傳統生產方法，而其最核心的本質即是消除浪費（Muda）。在傳統的流程改進中，企業往往注重局部的改進效率，但結果往往會導致某些部分流程改進顯著，對整個

生產過程卻缺乏整體系統思考，無法創造真正的價值。依據豐田生產系統的架構，主要核心由兩大支柱所支撐，即時化（Just-in-Time, JIT）與自働化（Jidoka）（Ohno, 1988）。針對個案工業在轉型 ODM 時所面臨的少量多樣與嚴格交期考驗，即時化（JIT）的核心原則在需要的時間，生產所需的數量與品項便成為關鍵。個案公司可藉此降低傳統鍛造廠頻繁換模所造成的半成品堆積，進而強化需求與生產之間的彈性。而面對「零容錯率、100%良率」的品質要求，則必須透過自働化（Jidoka）的實踐，將品質鑑別深植於製程工程內，落實人與機械的工作分離，從頭到尾杜絕不良品的產生。當「消除浪費」、「自働化」與「JIT」逐步成熟後，它進一步要求員工與管理者在日常運 作中持續檢視流程、揭露問題並改善。在此意義上，精實不僅是技術工具 集合，更是以現場（gemba）為核心、以問題顯性化驅動的管理邏輯。(葉治平，2026)，TPS（豐田生產方式）核心概念 套入 織碳盤查，最能達成的 TPS 核心，就是建構出能耗與碳排問題顯性化的綠色精實管理系統，將徹底消除浪費由產量流延伸至碳排流，以最低流程成本達成永續效益，導入豐田管理的四大原則，將每項核心都運應在手工具的製程當中，每條線路、上游及下游廠商，都必須遵守的規則。

1. 將「消除浪費（Muda）」轉化為「精準減碳」，定義每項生產浪費（如等待、不良品）為無謂碳排。

2. 利用「兩大支柱（JIT 與自働化）」建立即時碳管理制度 SOP，

3. 「看板管理（Kanban）」，將傳統的看板變成數位化管理加以延伸，即時揭露各製程排碳量，將原本不可見的氣體排放轉化為肉眼可見的數據，驅動現場作業員即時改善。

4. 運用「科學方法（5 Whys）」以流程優化取代高額硬體設備投資，面臨高碳排熱點時，不盲目巨資汰換設備，而是連續追問五個為什麼以找出根本原因。

四大核心的規劃，都是必須連接公司的決策，如發生警告且自動排除作業，因在作業過程中時常對問題造成反應，所以這四項核心規則，看似強硬剛毅，背後充滿彈性面對挑戰不斷的背景下，讓公司能朝著目標邁進。

第三章 原理與方法

3.1 碳盤查範圍及方法：

本專題為了落實手工具扳手鍛造廠的碳排放減量， 首先必須幫個案工廠建立一套明確的溫室氣體盤查基準。在研究方法的選擇上,本小組主要參考經濟部工業局與台灣綠色生產力基金會公告之《企業溫室氣體量化指引》,並依循 ISO 14064-1:2018 國際標準的程序,對個案廠進行數據的搜集與計算。

3.1-1 組織邊界與報告邊界

在組織邊界方面,經本小組成員與指導老師討論， 並與個案現場的主管及財務人員溝通後,決定採用 「營運控制權法」來界定範圍。只要是個案具有實質營運管理權的實體場址與製程設備,皆納入本次的盤查範圍。

在實體邊界(報告邊界)的劃定上,本專題聚焦於位於台中市太平區的個案廠區。經小組成員實地走訪車間,現場實際包含的作業邊界有:鋼材進料裁切區、高週波電爐加熱設備區、重型鍛造機台區、 機台間輸送帶作業線、沖孔切邊站、表面拋光與噴砂車間,以及廠區內的行政辦公室與儲位空間。

3.1-2 排放源鑑別

根據 ISO 14064-1:2018 的分類定義,本小組在個案廠區進行實地現場勘查與製程盤點後,將本專題鎖定的溫室氣體排放源歸納為以下三大核心類別:

1. 類別 1:直接溫室氣體排放

移動燃燒源:主要為個案公司自有的日常業務公務車,以及負責鄰近廠區、外包加工廠短程載運半成品與模具的自有貨車， 其消耗的汽柴油為主要直接排放。

逸散排放源:包含行政辦公室與車間作業區冷氣等空調設備的冷媒逸散,以及廠內備用的二氧化碳滅火器。

2. 類別 2:輸入能源之間接溫室氣體排放

外購電力:個案最主要的間接排放源為向台灣電力公司購買的電力。這些電力主要供應給廠內最核心的高週波電爐加熱設備、重型鍛造機,以及貫穿各機台間的自動輸送帶馬達,另外也包含全廠照明與辦公用電。

3. 類別 3:運輸產生的間接溫室氣體排放

上下游物流與交通:為了讓盤查範圍更貼近供應鏈的真實情況,本小組在指導老師的建議下,特別延伸盤查了範疇三的運輸排放,包含:外包物流車輛前來個案運送鋼材原料與載運成品出貨的「上下游運輸碳排」,以及廠內員工每日往返台中太平廠區所產生的「員工上下班通勤」油耗碳排。

3.1-3 量化方法與計算程序

本研究採用政府與工業局推薦的「排放係數法」來推估全廠的碳排放量。基本的量化公式如下:

溫室氣體排放量=活動數據x排放係數 x全球暖化潛勢值(GWP)

為了取得最真實的數據,本小組具體執行的數據搜集與程序如下:

1. 活動數據搜集:我們實際向個案的總務與財務部門合作,搜集了全年度各月份的「台電電費單」(算電力)、「公司公務車與貨車的中油加油卡與發票」(算類別一移動燃燒);並透過外包物流的出貨單據估算里程(算上下游運輸),以及調查廠內員工的通勤交通工具與公里數(算員工通勤)。

2. 係數選用:排放係數主要查閱環境部最新公告的《溫室氣體排放係數管理表》(如 6.0.4 版);電力排放係數則採用經濟部能源署最新公佈的台灣電力系統碳排放係數。

3. GWP 值轉換:統一採用 IPCC 第四次評估報告 (AR4)所公佈的數值,將所有蒐集到的數據全部換算為二氧化碳當量(公噸 CO_2e)。

3.2 能源排放情況

個案所處的手工具扳手鍛造業,屬於傳統的高耗能製造業。本小組在實際進入個案的太平廠區觀察並彙整數據後發現,個案的溫室氣體排放結構非常特殊,現場並沒有傳統鍛造廠常見的瓦斯或天然氣大煙囪(即無固定式燃料燃燒之直接排放)。個案的碳排放幾乎完全集中在「外購電力之間接排放(類別二)」,以及車輛與物流所產生的「移動燃燒與運輸排放」上。

3.2-1 外購電力之間接排放(類別二)

由於個案的製程已經高度電氣化,因此向台灣電力公司購買的電力,佔了全廠總碳排絕對的大宗(高達九成以上)。經小組現場盤點,電力消耗主要集中在以下三大核心設備:高週波電爐加熱設備(碳排最大熱點):扳手在進行模鍛成型之前,必須先將鋼條加熱到 1,100℃以上。個案現場全面採用現代化的 「高週波

電電感應加熱爐」來取代傳統瓦斯爐。雖然現場不會產生燃氣廢氣,但高週波電爐在瞬間升溫與持續保溫時,運轉功率極高, 電費單拉出來看,這是個案全廠最驚人的耗電來源。

重型鍛造機台:廠區內負責將加熱軟化後的鋼材打拔、成型、切邊的重型摩擦壓力機與各式鍛造機,每台都配備大馬力的電動馬達。在連續生產時,機台高頻率的衝壓打拔會消耗大量的動力電能。

機台間的自動輸送帶:本小組注意到,個案在各個離散製程(如裁切到加熱、加熱到鍛造) 之間,普遍設有機台間的連動輸送帶。輸送帶雖然方便、省力,但也意味著只要工廠在運作,全廠數條輸送線的馬達就會持續運轉,構成了全天候累積的固定電力消耗。

3.2-2 移動燃燒與交通運輸之排放(類別一與其他納入範疇)

除了外購電力外,個案與「交通運輸」相關的燃料消耗,是本專題盤查出的第二大區塊。為了讓專題架構更完整,本小組除了盤查公司內部的直接移動燃燒外,也將上下游與員工通勤納入統計:

公司內部自有車輛(類別一直接排放):主要為個案日常業務使用的公務車,以及負責鄰近廠區、外包電鍍廠短程載運半成品的自有貨車。這些車輛所消耗的汽油與柴油,構成了廠內最主要的直接移動燃燒排放。

上下游原料與成品運輸(間接排放範疇):扳手的鋼材原料運入個案,以及成箱的扳手成品出貨、送往港口外銷,都需要仰賴大型聯結車或物流貨車運送。雖然這些大卡車多為外包物流,但其運輸過程所消耗的化石燃料,亦是個案產品供應鏈中不可忽視的碳排來源。

員工上下班通勤(間接排放範疇):個案廠內員工每日往返台中太平廠區所騎乘的機車或駕駛的汽車,其每日累積的通勤油耗與碳排,亦被本小組列入本次專題的定性與定量評估範圍中,展現出整廠盤查的完整性。

3.3 計算公式說明

依據本研究前述之排放源鑑別結果,並參考了《企業溫室氣體量化簡介》所整理之固定式燃燒、移動式燃燒、逸散排放、輸入能源間接排放與運輸間接排放量化方式,將各類溫室氣體排放之計算邏輯整理如下。整體採排放係數法進行估算,先蒐集活動數據,再配對相對應之排放係數,最後換算為二氧化碳

當量（CO_2e）。

3.3-1 基本量化公式

溫室氣體排放量 ＝ 活動數據 × 排放係數 × GWP 值

活動數據係指實際蒐集到的用量、用電量、運輸量或逸散量；排放係數係將活動數據轉換為溫室氣體排放量的基礎係數；GWP 值則用以將不同氣體統一換算為 CO_2e，以便進行整體比較與彙總。

排放係數已直接以 CO_2e 表示，則可直接以「活動數據 × 排放係數」計算；惟本研究為使各排放源之計算邏輯更清楚，仍以「排放係數 × GWP」之方式說明。

3.3-2 直接排放量化公式

（1）固定式與移動式燃料燃燒

排放量 ＝ 燃料耗用量 × 燃料特定排放係數 × GWP

固定式燃燒適用鍋爐、加熱爐、發電機等設備；移動式燃燒則適用公務車、貨車、堆高機等運輸設備。兩者雖同屬燃料燃燒，但其排放係數應依設備型態分別選用。（2）逸散排放

冷媒逸散量 ＝ 該年度冷媒實際填充量 × GWP

若僅能取得設備原始填充量，則可依設備逸散率估算：冷媒逸散量 ＝ 冷媒原始填充量 × 逸散率 × GWP。CO_2滅火器逸散量 ＝ 使用支數 × 每支內容量 ×（1－0.1）化糞池 CH_4 逸散量 ＝ 廠內作業人年數 × CH_4 排放係數

上述公式用於將直接排放源的現場資料轉換為排放量，並可依設備、使用量與管理資料逐項核對，以提升盤查結果之可追溯性。

3.3-3 間接排放量化公式

（1）輸入電力之間接排放

排放量 ＝ 年度用電量（kWh） × 公告電力排放係數

本研究之主要間接排放來源為外購電力，因此需將每月電費單整理為年度用電總量，再乘上最新公告之電力排放係數，以估算廠內整體電力碳排。

（2）運輸間接排放

活動數據 ＝ 重量（ton） × 運輸距離（km）

排放量 ＝ 活動數據（tkm） × 排放係數（$kgCO_2e$ / tkm）

此公式可用於上游運輸、下游配送與員工通勤等活動，並依不同交通工具或運輸型態選擇對應係數。若無法直接取得里程資料，亦可透過費用或燃料消耗量進行回推。綜合而言，本研究 3.3 節所採用之量化方式，以排放係數法為核心重點，依不同排放源分別建立計算公式，並將所有結果統一換算為 CO_2e，以作為後續排放量彙整與減碳改善分析之基礎。

本研究在進行個案工業手工具鍛造廠之溫室氣體盤查時，所有排放量計算皆以「活動數據 × 排放係數 × 全球暖化潛勢值（Global Warming Potential, GWP）」作為主要量化基礎。因此，排放係數之來源、選用方式以及 GWP 值之引用標準，將直接影響本研究盤查結果之準確性與可信度。

3.4 排放係數使用依據

由於個案工業屬於中小型手工具鍛造製造業，其主要排放來源集中於高耗能鍛造設備、外購電力、廠內運輸活動與冷媒設備，因此本研究在係數選取上，除了依循 ISO 14064-1:2018 與政府公告規範外，也同時考量個案公司設備型態、現場製程與資料可取得性，使盤查結果更貼近個案實際營運情況。

3.4.1 排放係數來源

本研究之排放係數主要參考行政院環境部公告之「溫室氣體排放係數管理表」、「經濟部能源署公告之電力排放係數」，以及台灣綠色生產力基金會所提供之「企業溫室氣體量化指引」。而在量化方法上，主要依循 ISO14064-1:2018 國家溫室氣體排放清冊指引作為計算基礎，並搭配國內公告之能源與燃料係數進行計算。

而在個案公司之實際盤查作業中，排放係數是依據不同排放源進行分類選用。

類別一，直接排放部分：個案公司內公務車、搬運貨車與相關運輸設備之汽油與柴油燃燒所產生之 CO_2、CH_4與 N_2O 排放，依據燃料使用量並搭配政府公告之移動燃燒排放係數進行計算。而冷氣與辦公室空調設備則依據設備冷媒種類（如 R-22、R-134a）以及設備填充量，引用對應之冷媒逸散係數進行計算。

而類別二，外購電力部分：個案公司之高週波電爐、鍛造機、自動輸送設備及空壓系統皆需大量使用外購電力，因此本研究採用台灣電力公司公告之年度電力排放係數，並依據每月電費單之用電資料進行年度總量計算。此部分亦為本研究中最主要之間接排放來源。

而類別三，運輸間接排放方面：本研究針對個案公司之原料進貨、產品配送以及員工上下班通勤等活動，且依據運輸工具類型、行駛距離和燃料種類，引用相對應之運輸排放係數進行計算，使本研究之盤查範圍更貼近實際供應鏈運作情況。

3.4.2 排放係數選用原則

在排放係數之選用原則上，本研究依循 ISO 14064-1:2018 所強調之「一致性」、「透明性」與「準確性」原則，優先採用具實際佐證資料之數據來源。若個案工業現場能提供設備銘牌、維修紀錄、冷媒填充量、燃料單據、電費資料或設備規格，則優先以實際活動數據作為量化基礎，再搭配政府公告之排放係數進行計算。

例如，在冷媒逸散部分，本研究實際參考廠內冷氣設備與辦公室空調設備之銘牌資料，確認冷媒種類與填充量後，再引用對應之 GWP 值與逸散排放方式進行換算；而在外購電力部分，則直接依據個案實際年度用電資料進行計算，而非採用推估數據，以提高盤查可信度。

此外，由於個案工業目前尚未建立即時碳排監測系統。例如員工通勤與上下游運輸活動，需透過訪談、里程統計與平均燃料耗用方式進行估算。因此，本研究採取「實際數據優先、公告係數補充」之方式，以兼顧中小企業現場可執行性與盤查合理性。

透過上述方式，可使本研究之排放量計算不僅符合 ISO 14064-1:2018 之規範，同時也更能反映個案工業目前真實之能源使用與製程排放情況。

3.4.3 全球暖化潛勢值（GWP）使用依據

為了將不同種類之溫室氣體統一換算為二氧化碳當量（CO_2e），本研究採用全球暖化潛勢值（Global Warming Potential, GWP）作為換算依據。由於不同氣體對全球暖化之影響程度不同，因此需透過 GWP 值進行統一量化，才能比較各類排放源之排放強度。

本研究依據 IPCC 第四次評估報告（AR4）之標準進行換算，其中二氧化碳

（CO_2）之 GWP 值為 1、甲烷（CH_4）為 25、氧化亞氮（N_2O）為 298。至於個案工業廠內空調設備所使用之 R-22、R-134a 等冷媒，則依照其對應之高 GWP 值換算為 CO_2e，以反映冷媒逸散對氣候變遷之影響程度。

在本研究中，個案工業之高耗能設備主要產生 CO_2 排放，而冷媒設備與化糞池系統則可能產生 CH_4 與 HFCs 等高暖化潛勢氣體。因此，本研究將所有排放源統一換算為 CO_2e 後進行加總分析，使不同來源之排放量具備一致比較基準。

此外，透過 GWP 值之統一換算，本研究亦能更清楚辨識個案工業目前主要碳排熱點。例如，高週波電爐與鍛造設備雖屬高耗電設備，但部分冷媒設備因 HFC 類氣體具有極高 GWP 值，因此即使逸散量較小，仍可能對總碳排產生顯著影響。此結果亦能提供後續 TPS 精實改善與設備汰換策略之參考依據，使個案工業在減碳管理上能更有效率地進行改善與資源配置。

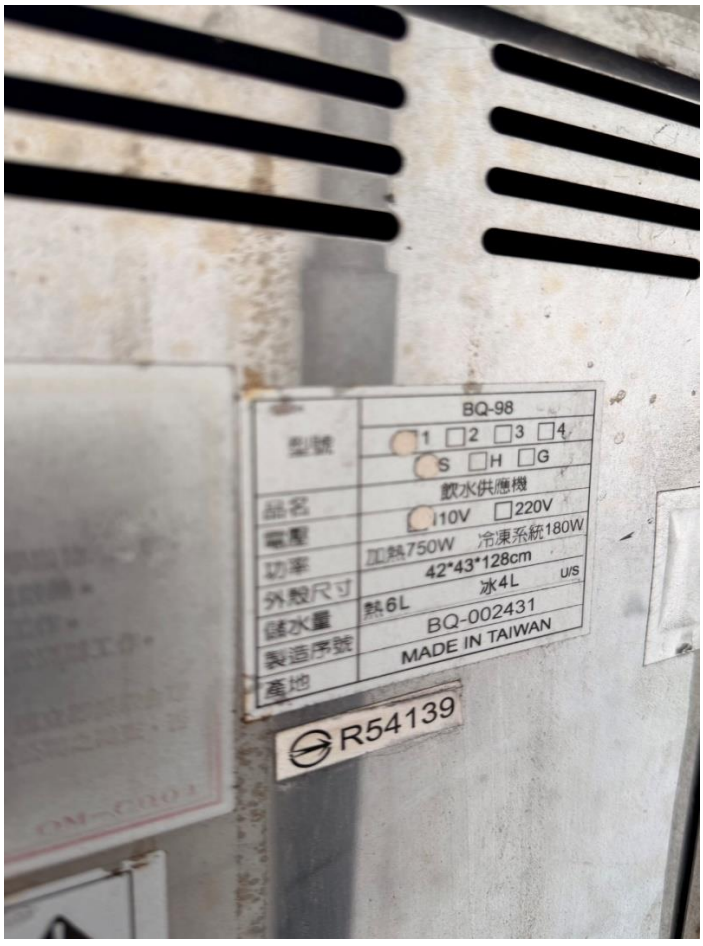


圖 3- 1 飲水機



圖 3- 2 冷氣室外機

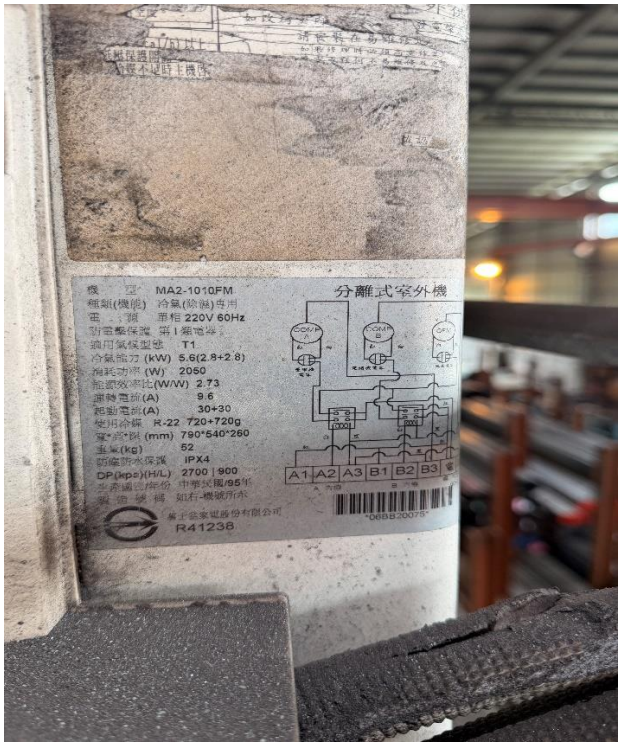


圖 3- 3 冷氣室外機

第四章 個案探討

4.1 個案工廠現況及內部探討

個案工業股份有限公司位於台中市太平區的知名專業鍛造工廠擁有一整套標準化流程，已從傳統產業積極轉型為智慧製造廠，將設備汰換為高週波電爐加熱設備，也投入 AI 產業鏈中，提升手工具在國內外的競爭力，而個案公司也國際上有著一定的競爭力，擁有國外的固定族群下單，又以歐美地區為最大客戶來源，並且在國內評價金手獎的成就，以下是標準化流程製程圖:

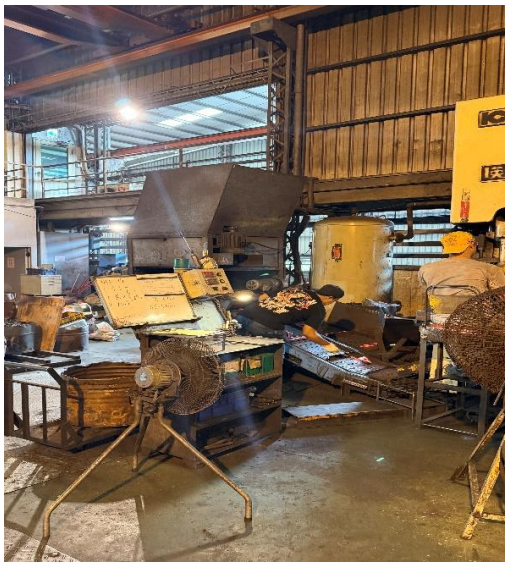


圖 4- 1 手工具胚料之高頻感應加熱與輸送



圖 4- 2 高速模鍛機之預鍛程序



圖 4- 3 精密鍛造機之精鍛程序



圖 4- 4 沖床手工具飛邊沖切作業



圖 4- 5 精整機進行冷間校正與沖孔

經營規模與生產能力

廠區面積約 2000 坪，擁有座落於台中兩大廠，總計有五條生產線，總計有 300 噸～600 噸，平均月產出有一百二十萬至一百四十萬件鍛品。個案工業以手工具鍛品板手為主力，並且提供鍛造代工及客製化產品開發等服務。其鍛造產品包括手工具、建築五金等，

產品核心與服務範疇及公司願景

近年來因應趨勢之變化積極轉型以 OEM 鍛造代工及 ODM 客製化積極開發新客戶，有著不同的兩條產線，讓公司的條件茁壯，其中訂單有以高品質手工具板手類為主力，且產品範圍廣泛涵蓋汽機車零件、建築五金及各類工業級專用組件，因應全球綠色供應鏈需求，本小組正計畫將現有的生產大數據與碳盤查機制結合。透過對生產線電力與燃料消耗的精準監控，不僅是為了符合環保法規，更是為了透過節能製程降低排放氣體及減少支出等，將「綠色製造」轉化為品牌差異化的核心競爭力。

4.2 公司設備及作業現況

公司屬於傳統金屬手工具鍛造工廠，廠內設有五條生產線，設備包含鍛造機、斷料機、剝殼機、電爐、油爐及輸送帶等，以支援大量生產需求。其產品線涵蓋範圍廣泛，包含手工具、安全掛鉤、園藝剪刀類、建築五金和機械與汽機車零件、配件等。

4.2-1 內部探討

在現場管理方面，工廠持續推動 5S 管理制度，包含整理、整頓、清掃、清潔與素養等項目，並搭配目視化管理方式，提升現場作業效率與管理品質。由於鍛造製程需透過高溫加熱與重型設備加工，因此工廠具有高耗能與高溫作業之特性，在勞工安全與衛生方面，公司重視「安全衛生，人人有責」之精神，重視安全管理觀念，強調全體員工共同維護工作安全之責任，並依循相關職業安全衛生法規進行管理與災害預防，也針對工廠內，鍛造作業環境所產生之高溫及通風問題，持續改善工作環境，降低現場作業風險更提升工作安全性。而本小組因應全球綠色供應鏈需求，正計畫將現有的生產大數據與碳盤查機制結合，透過對生產線電力與燃料消耗的精準監控，不僅是為了符合環保法規，更是為了透過節能製程降低排放氣體及減少支出等，將「綠色製造」轉化為品牌

差異化的核心競爭力。

4.2-2 製程與手工具介紹

核心製程優勢包含:

(1)精密鍛造技術:透過高溫鍛造將金屬加熱塑型，大幅提升手工具的鋼性、密度和抗扭力，確保產品耐用度。

(2)ODM / OEM 雙軌策略:從傳統的專業代工（OEM）轉型，並同步發展客製化鍛造品（ODM），有效縮短客戶產品開發時間和降低成本。

(3)現代化生產管理:持續改進廠內鍛造製程，落實精實生產，提升品質穩定度與交期準確度。

主要手工具產品介紹:

個案生產的末端金屬產品遍及五大洲，而前述也提到生產產品範圍廣泛，包含機械和汽機車零配件、建築五金、安全掛鉤、園藝剪刀類以及手工具等，而其中生產占最多數的產品分別為:

(1)各類扳手:包含活動扳手、開口扳手等。

(2)鉗類工具:各類夾鉗、鋼絲鉗等。

(3)其他手工具:包含建築工具、汽車修護工具等相關金屬鍛造件。



圖 4- 6 手工具鍛造成型之半成品



圖 4- 7 手工具經研磨拋光之成品

4.3 碳盤查說明

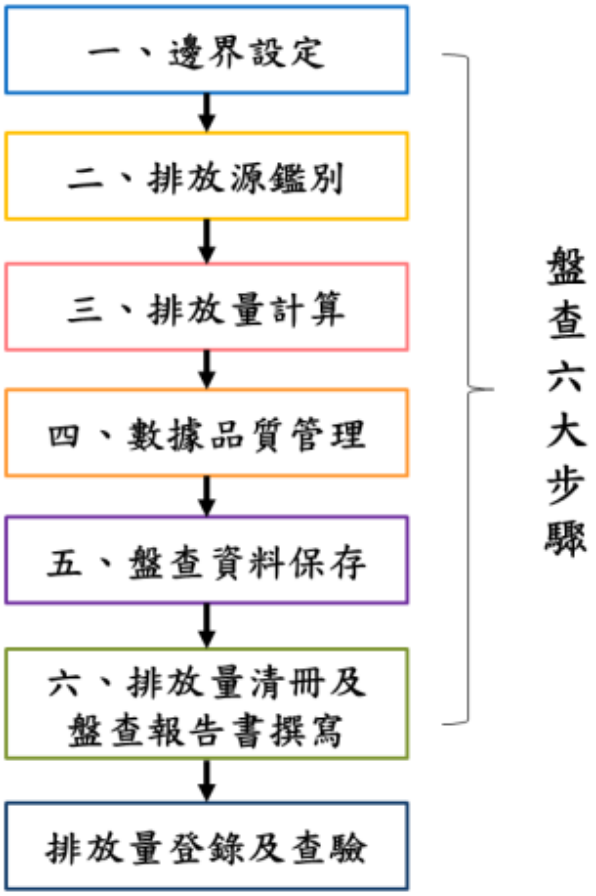


圖 4-8 碳盤查步驟分析

(資料來源:環境部事業溫室氣體排放量資訊平台)

表 4-1 ISO 14064-1:2018 碳排放氣體說明定義

盤查類別(ISO 14064-1:2018)	**排放類型定義**	**常見排放源/設施範例**	**溫室氣體種類**	**核心計算公式**
類別 1：直接排放	組織擁有或控制的排放源	鍋爐、發電機、公務車、電銲、冷媒逸散、化糞池	CO2, CH4, N2O, HFCs, SF6	活動數據 x 排放係數 x GWP
類別 2：能源間接排放	輸入能源的產生過程排放	外購電力、外購蒸汽、熱能	CO2	用電量 (kWh) x 電力排放係數
類別 3：運輸間接排放	運輸產生的間接排放	上游物料配送、員工通勤、商務旅行	CO2e	重量 (t) x 距離 (km) x 運輸係數

類別 4：組織使用產品間接	採購產品/服務產生的排放	採購原物料、委外廢棄物處理、租賃設備	CO2e	採購量 x 生命週期排放係數(LCA)
類別 5: 產品使用間接	產品使用階段排放，下游出租資產，產品廢棄處理	產品售出後的用電、廢置回收階段排放	CO2e	產品數量 x 使用階段排放係數
類別 6: 其他來源間接	無法歸類於類別 1 至類別 5 的所有其他間接排放	上述五類未涵蓋之特定重大排放源	CO2e	視個別排放活動而定

本小組參考 ISO 14064-1:2018 標準，將溫室氣體排放區分為六大類別。盤查作業依循行政部環境保護署所規範之「鑑別排放源、收集活動數據、選擇係數、量化計算」之程序，並選用環境部公告之新版排放係數管理表及全球暖化潛勢值（GWP），此流程保有透明性、一致性完整性及準確性以確保公司能透過科學方式查詢溫室氣體排放情況。

4.3-1 計算公式說明

本節詳述各類排放源將「活動數據」轉換為溫室氣體排放源科學符號及計算當量方式。

4.3-2 核心量化公式

所有的溫室氣體排放量計算皆遵循以下基本邏輯

溫室氣體排放量 = 活動數據 x GHG 排放係數 x GWP 值

4.3-3 直接排放量化公式 (Category 1)

固定式與移動式燃料燃燒

活動數據：燃料耗用量。

計算方式：燃料耗用量 × 燃料特定排放係數 × GWP。

移動式與固定式燃燒之排放係數不同 。

人為系統逸散 (空調冷藏設備)

型號:冷氣機 R22

飲水機 R-134a

該年度冷媒實際填充量 × GWP。

GWP AR5 1760

人為系統逸散 (滅火器)

CO2 逸散量 = 使用支數 × 每支內容量 × (1 - 0.1)。

化糞池逸散 (CH_4) ：

化糞池 CH4 逸散量=廠內作業人年數×CH4 排放係數

CH4 排放係數=0.003825 公噸 CH4/人年

4.3-4 輸入電力間接排放 (Category 2) ：

計算方式：年度用電量 (kWh) × 公告電力排放係數。

運輸間接排放(Category 3):

活動數據 = 重量 (ton) × 運輸距離 (km)。

排放量 = 活動數據 (tkm) × 排放係數 (kgCO2e/tkm)。

電力上游排放 (Category 4) ：

電力上游排放係數 = 電力碳足跡係數 - 電力碳排放係數。

計算方式：用電量 × 電力上游排放係數。

組織採購商品與服務 (Category 5) ：

計算方式：購買數量 (或金額) × 相對應之生命週期排放係數。

4.4 TPS 減碳應用

本研究選擇台灣中小企業個案公司，基於個案公司進行手工具製作流程，和公司近年來進行碳盤查調查系統已持續兩年以上，而本小組在進行實地探訪時，發現工廠內雖然已有碳盤查系統，但底層製程中仍存在許多因人員習慣或動作不當，所造成的隱形能耗與材料浪費，也會因為員工的習慣動作造成物料的耗損，增加了費用及排放氣體。 豐田式生產（TPS，Toyota Production System)理論指出，製程中的時間浪費與材料浪費，皆會直接轉化為環境的碳負擔。因此，本研究將 TPS 視為個案企業實踐減碳的策略工具。本節主要探討個案企業如何透過消除「過度加工」與「不良品」兩大浪費來達成減碳目標。一宮美幸(2019)也指出由生產技術部門與研發部門進行密切溝通並制訂了 SOP，但現場師傅不僅不接受，還為了做出額外基準面，在圖面上沒有指示的部位進行加工，最後導致產生不良品的情形，本研究後續將針對個案公司如何透過「標準作業組合（SOP）的重新設計」，來導正員工的動作變異，進而將 TPS 系統的消除浪費轉型為綠色減碳規範下的公司，提升在台以及國際上的優勢。通常員工對

於浪費的警覺心相當低，甚至不以為然，要改革製造現場，必須先使全體員工拋棄固定觀念及抱持打破舊有習慣的決心，以新眼光看待製造現場。讓員工檢視浪費充斥的現場，相信精實變革的成效 (朱建瑋，2020)

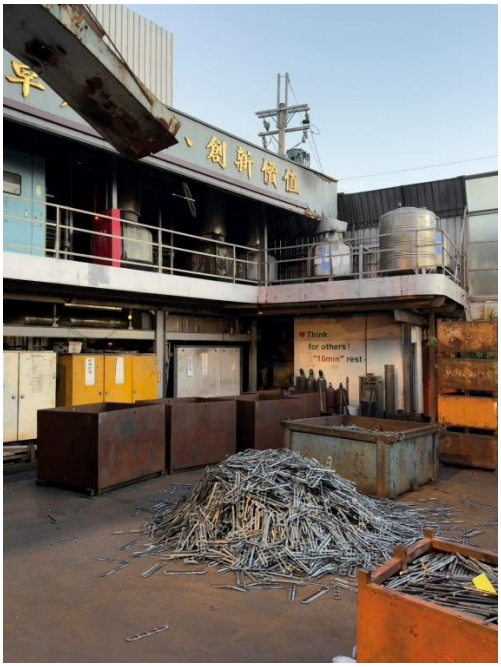


圖 4- 9 尚未建立 SOP 前成品暫存區

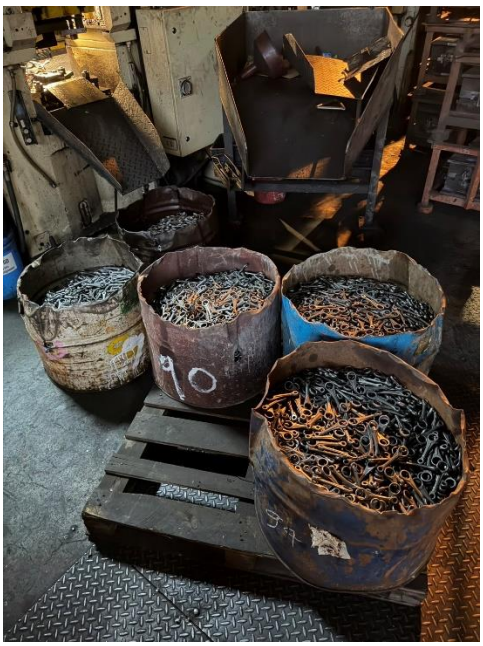


圖 4- 10 TPS 導入後建立暫存區 減少空間浪費

4.4-1 TPS 減碳方法導入

先將現場流程進行初步標準化，接著對全體人員進行意識觀念變革，打造企業實踐 TPS 與智慧製造前的基礎，是為「基底心態建立」。接著在此基礎上實踐 TPS 變革，藉由 TPS 消除流程浪費(朱建瑋，2020)，需要消除個案公司的浪費問題中，需要導入豐田生產系統（TPS, Toyota Production System）中的改善（Kaizen），以及過度加工（Over-processing)，精實管理主要著重於，消除浪費，持續改善，本組透過調查後，得知了以下表格內容，利用豐田生產系統中所提到的改善精實作業模式後主要分別為導入 TPS 系統錢以及導入後改善方法。

表 4-2 個案公司 TPS 推動流程表

TPS 減碳導入	個案公司處理系統	個案公司導入 TPS	預期環境及效益
製造不良品	員工習慣動作不當與加工精密變異。產生不良品後必須重新投入機台進行「重工（Rework）」	SOP 三不原則與環境安燈：賦予員工「發現異常即拉動安燈（Andon）停機」權限，且安裝自動系統。	大幅減少重新投產與重工所需的範疇二電力消耗，降低廢料處理與重工成本，以建構未來模板可套用在台灣中小企業。
改善（Kaizen）	現場員工高度依賴自身的知識與傳統操作習慣，認為多耗電、多用料對環境影響不大，缺乏企業節能變革。	推動精實與綠色結合（Lean and Green）的「全員參加改善（Kaizen）」	使減碳政策真正落實至基層操作端，建立員工具備自主綠色改善能力。
過度加工（Over-processing）	過度的重複研磨不僅增加了員工習慣動作不當造成的物料耗損，增加了操作機台運轉時產生的大量的無效碳排放。	透過精密量測儀器向現場人員實證「依照既有 SOP 即可達成精度，不需額外加工」。	減少加工過程中的機械摩擦與無謂負荷，延長器械壽命和減少機器製造運送所產生的氣體。
存貨的浪費	現場與倉庫堆積大量的手工具半成品（WIP）為了防止高碳排的鋼材受潮生鏽，倉儲與暫存區必須長期關注及存放於大型倉儲空間。	導入 TPS 的看板管理（Kanban）與後拉式生產系統（Pull System），將實體物流與碳流同步優化。	大幅縮減倉儲空間直接砍斷不必要的間接能源電力碳排放，同時減少材料成本浪費。

第五章 結論與建議

5-1 研究結論

本研究以個案工業手工具鍛造廠為案例，結合 ISO 14064-1:2018 標準，建立溫室氣體盤查與 TPS（Toyota Production System，豐田生產系統）理念，探討傳統製造業在對於淨零排放與綠色供應鏈要求下，該如何透過系統化碳盤查與精實管理達成節能減碳與永續發展之目標。

手工具鍛造產業屬於高耗能製造業，其碳排放來源主要於電力間接排放，尤其以高週波電爐、鍛造機與輸送設備耗電量最高，為工廠最主要的碳排來源。此外，物流運輸與員工通勤等移動燃燒與運輸活動，也包含一定比例的碳排放來源。透過本研究建立之盤查流程，掌握工廠各項活動數據與排放來源，並依據排放量大小進行熱點分析，提供改善方向。

在 TPS 應用方面，本研究發現，若將 TPS「消除浪費（Muda）」的核心精神導入至碳排管理，能有效降低不必要之能源消耗與排放。透過生產流程改善、減少待機耗能、降低不良率與縮短搬運距離等方式，不僅能提升生產效率，也能同步減少碳排放量。此外，將 JIT（Just-In-Time）與自働化（Jidoka）導入製程管理，可降低庫存與重工浪費，進一步提升資源使用效率。

5.2 未來期望

本小組透過本次對台中太平區個案廠區的溫室氣體盤查，以及結合 TPS（豐田生產方式）理論的實地觀察，深刻體會到傳統手工具鍛造業在面對綠色轉型時的挑戰與努力。個案在製程上全面採用高週波電爐取代傳統瓦斯爐，已經在直接排放（類別一）的減碳上跨出了一大步。針對本次專題的研究發現，本小組對個案未來的綠色轉型與永續發展，提出以下三點具體的期許與建議：

1. 期望推動「低碳排、零等待」的精實生產車間

本次盤查發現個案的碳排放幾乎完全集中在電力消耗（類別二），而高週波電爐和機台間的輸送帶是兩大用電熱點。

具體建議：我們期許個案未來能持續深化 TPS 中的 SMED（快速換模）手法。如果能有效縮短更換扳手模具的時間，前端的高週波電爐就不需要長時間處於無料通電的「待機空燒」狀態。同時，期望未來能透過平準化排程，讓各機台間的輸送帶達到最優化的同步運作，減少輸送帶空轉的電力浪費，用精實

管理把電費與碳排同時壓下來。

2. 期望建立「低碳供應鏈」的運輸與物流管理

本專題特別將個案的貨車運輸、上下游物流以及員工通勤納入盤查範圍，發現交通燃油亦是不可忽視的碳排來源。

具體建議：期望個案未來在規劃外包物流與成品出貨時，能透過智慧化排程優化貨車的滿載率，減少反覆載運的趟數。針對員工通勤部分，公司未來也可以透過宣導員工共乘，或是建立綠色通勤獎勵機制，讓個案不只在廠房內減碳，在廠房外的流暢度上也能實踐低碳營運。

3.期望轉型為「數據驅動」的綠色手工具示範廠

個案作為台中太平手工具聚落中極具代表性的企業，未來的減碳經驗將會是同行重要的參考指標。

具體建議：我們期望個案未來能從目前的「看整張電費單算碳排」，逐步轉型為智慧化的能源數據管理。透過在核心設備（如高週波電爐、重型鍛造機）加裝數位電錶，掌握每一款扳手規格在生產時的「精準碳足跡」。當未來國際大廠或歐美客戶要求提供綠色產品數據時，個案就能立刻拿出透明、客觀的低碳數據，這將會成為個案未來在國際接單上最強大的核心競爭力。

參考文獻

1. 白潔、周禹、劉書岑（2011）。TOYOTA 豐田—以品質成就霸業、從危機突破重生。台北市：上奇資訊。研究書籍
2. 吳欣珊（2023 年 2 月 2 日）。什麼是豐田式管理？豐田生產模式完整介紹。鼎新電腦。取自網址： https://reurl.cc/grorWz
3. 司徒宇（2024）。個案研究相關文獻/報告。國立中興大學全球事務與臺灣產業研究中心。取自網址：https://reurl.cc/qpqpm0
4. 台中市工商業發展投資策進會（2022）。穩陞工業股份有限公司 — 台中市金手獎得獎企業專區。取自網址：https://reurl.cc/O6o60R
5. 林明（化名/改寫自 W 公司個案）（2023）。真空成型產業碳盤查與減量-W 公司個案研究（未出版之碩士論文）。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自網址：https://reurl.cc/53N3r7
6. 陳素玲（2020）。精實生產（TPS）核心概念與企業應用實務。能力雜誌（MKC 管理知識中心）。取自網址：https://reurl.cc/9W9W5a
7. 陳紅媮（2024）。學術論文/碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自網址：https://reurl.cc/xW8WEz
8. 葉治平（2026）。學術論文/碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自網址: https://reurl.cc/ov3mgV
9. 朱建瑋（2020）。學術論文/碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自網址: https://reurl.cc/bdoeE6
10. 曾國華（2019）。學術論文/碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自網址: https://reurl.cc/aXDEGX
11. 一宮美幸（2019）。學術論文/碩士論文。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自網址: https://reurl.cc/bdoeG6
12. 環境部氣候變遷署（2024）。溫室氣體排放量盤查作業指引（113 年版）。環境部。取自網址：https://reurl.cc/L2o2pe
13. U-CAR 編輯部（2017）。TPS 豐田生產方式專題探討。U-CAR 汽車特輯。取自網址：https://reurl.cc/ppRp1x
14. 現代物流雜誌社（2021）。消費服務與流通業創新：如何重塑物流供應鏈。現代物流情報網。取自網址：https://reurl.cc/K2o2b9
15. 雪松數位（Cedars Digital）（2023）。碳排放係數（CEF）是什麼？深入了解碳盤查的計算公式與影響。綠色永續專欄。取自網址：https://reurl.cc/epop3j
16. 大聯大控股 — 友尚集團（2026 年 2 月 26 日）。豐田生產方式（TPS）五大核心原則。大聯大物聯網方案網。取自網址：https://reurl.cc/3kQkY0
17. 巨思文化 — 未來商務（Future Commerce）（年份不詳）。什麼是豐田生產方式（TPS）？核心概念與五大原則。AI 經理人導讀平台。取自網址：https://reurl.cc/N2o2G6
18. 詹姆士（Tony Jhan）（2024）。豐田生產系統（TPS）：提升製造效率與品質的核心。Tony Jhan 科技與管理網誌。取自網址：https://reurl.cc/R2o2yg
19. 言果企業管理顧問（2025）。精實生產（Lean Manufacturing）的 5 個核心原則與應用。言果企管培訓新聞。取自網址：https://reurl.cc/bdodD3
20. 林家緯（經理人月刊導讀）（2008）。精實生產與 TPS 在現代製造業的轉型應用。未來商務 AI Meet 轉型專欄。取自網址：https://reurl.cc/ppRppe

21. 財團法人中國生產力中心（2017）。精實生產（TPS）核心概念與企業應用實務。MKC 管理知識中心。取自網址：https://reurl.cc/X2b2xj
22. Vizologi 智能商業智庫（2024）。學習豐田生產系統基礎知識與商業模式應用。Vizologi 知識庫。取自網址： https://reurl.cc/V2o2q6
23. 經濟部中小及新創企業署（2023 年 11 月 24 日）。【趨勢導讀】全球供應鏈綠色轉型：中小企業如何靠「精實管理」落實低碳化？。新創圓夢網。https://startup.sme.gov.tw/api/viewer/news_detail.php?id=1897
24. 經濟部工業局、財團法人台灣綠色生產力基金會(2022)。企業溫室氣體量化簡介。台灣綠色生產力基金會網址：https://reurl.cc/j6e6Y2
25. 環境部氣候變遷署（2024）。溫室氣體排放係數管理表（第 6.0.4 版）。國家溫室氣體登錄平台網址：https://reurl.cc/M2o2Ln
26. 經濟部產業發展署（2023）。金屬製品與手工具產業精實低碳管理輔導成果報告。經濟部產業發展署全球資訊網：https://reurl.cc/npMpAv