

馬達(3HP 4P)碳足跡產品生命週期評估之案例

The Case Study of Motor (3HP 4P) Carbon Footprint Life Cycle Assessment

薛水添¹、何燦穎²、陳俊達³、吳致呈⁴、陳福國⁵

王志強⁶、黃文輝⁷、朱志弘⁸、蘇志強⁹

大同公司重電事業部總廠長¹、中鋼公司新材料研究發展處處長²

中鋼公司新材料研究發展處組長³、中鋼公司新材料研究發展處工程師⁴

大同公司馬達廠製造技術部主任⁵、大同公司馬達廠製造技術部工程師⁶

工研院研究員⁷、工研院副研究員⁸、金工中心產業升級服務處組長⁹

摘要

全球發電量的六成是被馬達所使用，故馬達效率與節能減碳關係重大。本計畫係研究一般標準馬達(3HP 4P)改用中鋼高品級電磁鋼片後，提升為高效率馬達前後相關組件、材料及生產條件改變之碳足跡生命週期評估，以評估高品級電磁鋼片(ES)減碳可行性，並掌握馬達生命週期各階段的溫室氣體排放特性，建立馬達碳足跡生命週期評估情境分析模式。另外，針對高效率馬達進行碳足跡生命週期盤查與整理計算，完成碳足跡查證報告，以進行第三者查證取得通過碳足跡宣告第三者查證之證明，而馬達碳足跡宣告所需要依循的產品類別規則(product category rule, PCR)亦將於本計畫中完成。

一、前言

企業環境保護工作已從組織環保責任延伸至產品的環保性考量，此在歐盟針對延長生產者責任的 WEEE、RoHS、EuP 等指令均可見端倪。在現今「節能減碳」的國際趨勢帶領下，於組織型溫室氣體盤查(ISO 14064-1)之後，以產品導向之碳揭露、碳標示則更是企業社會責任的實踐。因此，產品全程生命週期碳排放的估算(或稱：產品碳足跡)乃成為企業掌握產品在全生命週期的碳排放資訊，為產品尋求減碳機會的最佳方式。

馬達效率為輸出功率與輸入功率的比值，效率越高表示電力損耗越小。馬達的電力損耗可區分為鐵損、銅損、機械損、雜散損等四類，鐵損佔 20-30%，由鐵心的磁滯及渦電流所產生。鐵心整體的適切設計及選用更低鐵損電磁鋼片，可有效提升馬達效率。2008 年台灣整體用電約 2,400 億度，馬達用電約 1,200 億度。馬達效率若提升 2%，每年可節省的用電量達 24 億度，節省電費約新台幣 60 億元(以 1 度電新台幣 2.5 元計算)，亦可減少超過 150 萬噸二氧化碳之排放。

本計畫由大同公司與中鋼公司合作，並由工研院與金屬研究中心協助大同股份有限

公司的產品「3HP 4P 交流感應馬達」，應用中鋼公司積極研發更低鐵損值的高品級電磁鋼片(ES)產品(50CS290)，期望於本碳足跡計畫中實證使用高品級電磁鋼片對馬達在生命週期中的減碳效益，以掌握馬達生命週期各階段的溫室氣體排放特性及高品級電磁鋼片減碳情境之資訊，也間接證實了中鋼公司可藉由生產高品級的產品協助產業總體的節能減碳，此外部效應，可以協助兩公司共同提升企業低碳形象，並期於未來朝向產品進行綠色行銷而努力。

二、文獻回顧

產品碳足跡的盤查與計算需依循 ISO14040/ISO14044 國際標準方法的評估程序，包括：目標與範疇界定、生命週期盤查(Life cycle inventory, LCI)及生命週期衝擊評估(Life cycle impact assessment, LCIA)。針對產品碳足跡國際標準 ISO14067 目前正在研擬中，國際標準組織(ISO)已責成 TC 207 技術委員會下設之 SC7 次級委員會成立 WG2 工作小組，負責研擬「產品之碳足跡」標準(ISO 14067 Carbon Footprint of Products)，預計於預定於 2011 年 3 月公告為正式版本。目前國際上可以引用的標準，也就是現階段國際間已發展產品碳足跡計算方式的主要方法大致可分為兩類：

- 以生命週期思考(LCA thinking)為基礎的評估系統 ISO 14025 係 ISO14020 環境標誌與環境宣告中屬於第三類環境宣告標準的指導規範，其仍以遵循 ISO 14040/14044:2006 之生命週期評估方法。其代表對象為瑞典 International EPD (Environmental product declaration, EPD)，由 EPD 中各類環境衝擊指標中獨立出溫室氣體另行宣告產品碳足跡，稱為 climate declaration(CD)。
- 以生命週期思考(LCA thinking)為基礎的 BSI PAS 2050 評估範圍以產品為主的評估系統。BSI 英國標準協會與碳信託基金會 (Carbon Trust) 及環境食品暨鄉村事務部(Defra)合作以 ISO 14040 以及 ISO 14044 生命週期評估標準為基礎，於 2008 年 10 月正式發表評估商品與服務生命週期溫室氣體排放的規範。

無論是「產品」或「服務」的碳足跡計算，其關鍵技術均在計量方法與所使用的資料庫，而針對產品碳足跡的可引用標準中以 BSA PAS 2050:2008 的內容較為明確。在 BSI PAS 2050:2008 以及指引文件中說明了碳足跡的計算分為三個階段，分別是啟始階段、碳足跡計算階段以及後續作業階段，如表 1 所示。

表 1 推動碳足跡的作業階段

階段	作業內容
啟始階段	1.設定目標 2.選擇產品 3.供應商導入
碳足跡計算階段	1.建立製程地圖 2.檢查邊界與優先性 3.數據蒐集 4.計算碳足跡 5.檢查不確定性（選項）
後續作業階段	1. 碳足跡宣告報告

在 BSI PAS 2050:2008 中，對碳足跡的計算有以下重要準則：

1.啟始階段

- (1)設定目標：不同品級電磁鋼片對馬達 LCA 之碳足跡結果影響及馬達碳足跡宣告。
- (2)選擇產品：使用中鋼電磁鋼片之高品級馬達。
- (3)供應商導入：高品級馬達零件/材料以及生產使用耗材等供應商。

2.碳足跡計算階段

- (1) 建立製程地圖：如下圖以 business-to-consumer (B2C) goods 及 business-to-business(B2B) goods 有不同評估範疇的生命週期，針對各期程分別製作相關的投入與產出資料。系統邊界依目的之不同，一般零件的系統邊界是 B to B，而產品的系統邊界是 B to C，但是兩者之系統邊界都是起自於搖籃，由於系統邊界起自搖籃，因此在碳足跡之計算中就必須探討原物料源自基本流之溫室氣體排放。



Process map steps for business-to-consumer goods



Process map steps for business-to-business goods

- (2) 檢查邊界與優先性：依據 PAS 2050 6.1 建立系統界限，應優先使用依據 ISO 14025 發展的 PCR(product category rule, PCR)(然而 PCR 不可與本標準的條款抵觸)，當無 PCR 時，應分別針對原物料、能源供應、資本財、生產與服務供應、場所的運轉、運輸、儲存、使用階段及最終處置分別予以盤查與計算。
- (3) 數據蒐集：BSI PAS 2050:2008 明確要求應以初級數據為主要之數據來源，但是在數據蒐集的過程中勢必無法窮究所有之排放源，此時就必須進行供應該包裝紙袋廠之生命週期評估作業，或採用二級數據。而二級數據又必須是依據生命週期評估作業程序與計算方式所產出者，才能夠引用作為計算。因此在提供作為計算之資料庫所提供之二級數據，都必須是生命週期盤查之結果。本項工作於生命週期碳排放之數據計算上，則採用由工研院發展，具本土化資料庫之「DoITPro」。而活動數據的收集則依據生命週期評估盤查表(碳足跡)。產品碳足跡之盤查將使用台灣區電機電子工業同業公會(TEEMA)行業標準編號：TEEMA-S-EuP-LCI001(第二版)「產品生命週期盤查表(含碳足跡)」進行各供應商零件生產之投入與產出相關資料盤查，盤查的項目可分為六大項，分別為：「工廠基本資料」、「產品基本資料」、「製程說明」、「運輸資料」、「投入端說明」以及「產出端說明」。
- (4) 計算碳足跡：

碳足跡的計算 = 活動數據 Activity data (mass/volume/kWh/km) × 排放係數 Emission factor (CO₂e per unit)

在 ISO 14064-1:2006 之溫室氣體盤查作業中，僅針對京都議定書之 6 類溫室氣體進行盤查作業，而在 BSI PAS 2050:2008 之 3.26 節 greenhouse gases (GHGs) 中明確指出溫室氣體包括附錄 A 中之溫室氣體，而 PAS 2050:2008 附錄 A 中之溫室氣體則包括下列六大類，此與 ISO 14064 有極大之差異。參考 IPCC(2007)第四次評估報告、IPCC(2001)第三次評估報告、及美國環保署冷媒資訊網後，自行整理具 GWP 值而需於碳足跡計算時盤查之物質一覽表，作為碳足跡計算的排放係數基準。

- 京都議定書列管之六種溫室氣體
- 蒙特婁議定書列管物質
- 氫氟醚類
- 全氟聚醚
- 碳氫化合物與其他物質

三、結論

(一)盤查產品簡介

產品名稱	3HP 4P 交流感應馬達	
產品型號	4390930663	
應用說明	此交流感應馬達適用於各種機械設備及重電產品之相關應用。	
結構說明	<p>此交流感應馬達的基本組件包含：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 定部總組合-外殼、定部鐵心、線圈 2. 轉部總組合-主軸、轉部鐵心、軸承 3. 托架總組合-托架或凸緣(負載側)、托架(反負載側) 4. 接線盒總組合-箱座、箱蓋、T板、端子等。 5. 附屬零件- 鉚釘、導風板與銘版。 <p>馬達藉由通電產生磁通量，在馬達之定部與轉部造成磁場，兩部所造成之磁場將相互作用而產生旋轉扭矩。扭矩再轉為機械能輸出，以驅動機械作旋轉運動、振動或直線運動。</p>	
技術規格	名稱	3HP 4P 超高效率半密閉式交流感應馬達
	絕緣種類	F
	極數	4
	額定輸出功率	3
	額定電壓 (V)	230/460
	額定頻率 (Hz)	60
	電流 (A)	無載時 1.72 / 啟動時 32.5 / 滿載時 3.86
	轉速 (rpm)	1759
	轉矩種類	N
	保護方式符號	IP22
	冷卻方式符號	IC01
	電動機之型式符號	ODP
	製造號碼或編號	82167477
	製造廠名或商標	 TATUNG
	製造年份	2009 年
	滿載效率 (%)	90.66
運轉型式	ODP	
設計使用年限	7 年以上	

(二) 盤查結果說明

宣告單位	一台 3HP4P 交流感應馬達 (含包裝)
單位產品生命週期之溫室氣體排放總量 (單位: KgCO ₂ e)	36888.12
各階段溫室氣體排放量分析 (單位: KgCO ₂ e)	
馬達原料/零件供應商階段	220.18
馬達各部位組裝階段	24.88
馬達非生產線部分	0.08
馬達總組裝階段	2.53
馬達輸送至客戶端*	4.39
馬達使用階段	36603.95
馬達報廢後的最終處置**	32.10

*加上推估大同美國公司的活動 **只有計算報廢時送往處理業者的運輸

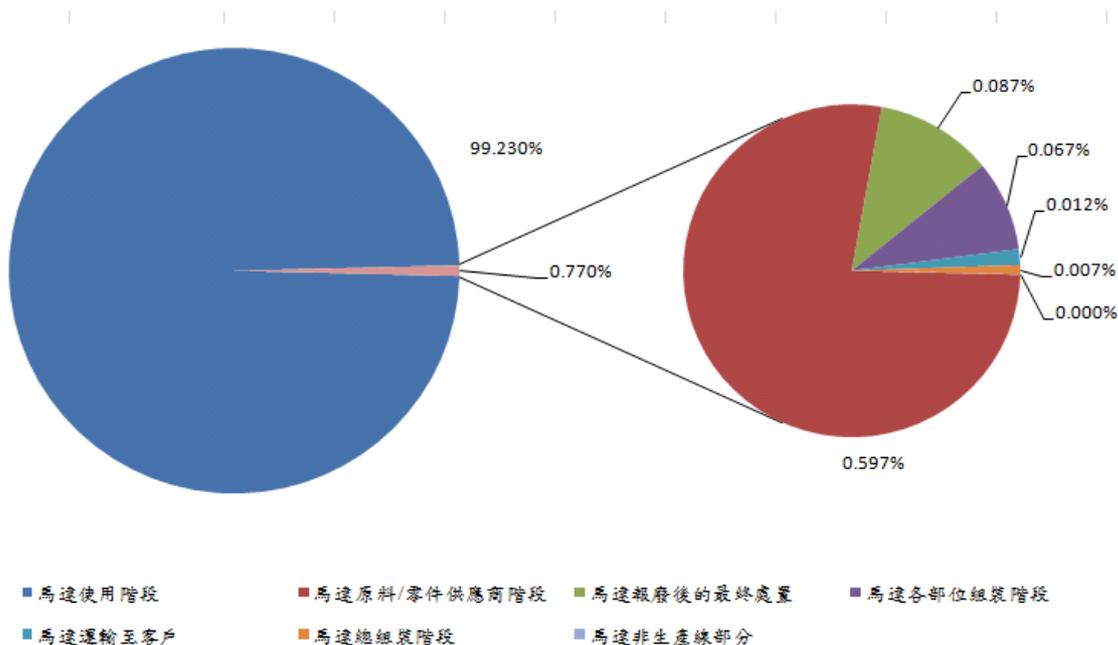


圖 1 生命週期各階段碳足跡貢獻分析

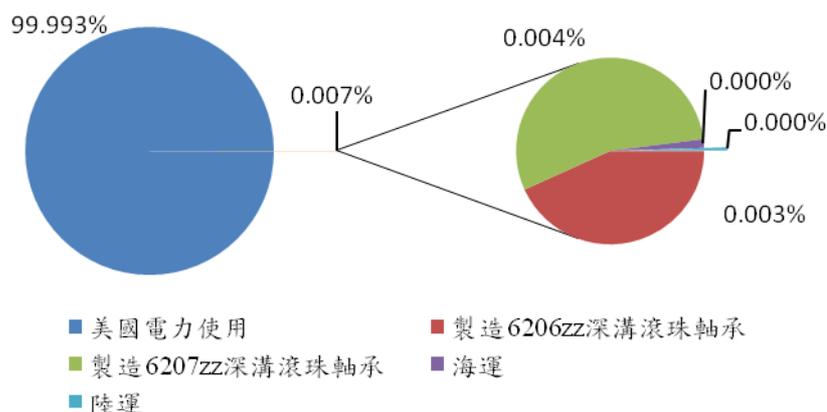


圖 2 生命週期產品使用階段碳足跡貢獻分析

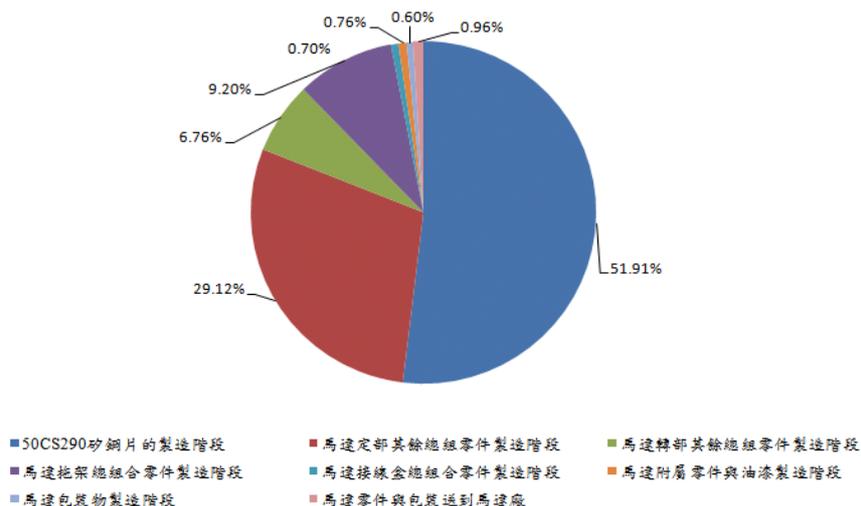


圖 3 生命週期零組件製造階段碳足跡貢獻分析

由圖一至三顯示，馬達的碳足跡以使用階段貢獻最高（99.23%），其次為原料/零件供應商階段（0.60%，其餘碳足跡貢獻部分的 77.48%）。馬達使用階段的碳足跡貢獻度以使用時電力的消耗最多，佔此階段貢獻度 99.99%，原料/零件供應商的碳足跡貢獻度以電磁鋼片最多，佔此階段貢獻度 51.91%。各階段之貢獻度將於宣告書第 6 章中逐一說明。

此盤查結果顯示若要比較不同馬達全生命週期的碳足跡，主要差異將來自原料電磁鋼片貢獻的碳足跡及使用階段的能耗。本報告以使用中鋼公司型號 50CS400 及 50CS1300 之電磁鋼片之同等級同鐵心長度之馬達為對照組，比對在這兩階段碳足跡的差異，得到如下表結果：

使用電磁鋼片型號	製造時電磁鋼片投料量* (kg)	以該款電磁鋼片製造出馬達滿載時能源耗損** (kWh)	以該款電磁鋼片製造出馬達使用期限內能源耗損 (kW)	與使用 290 電磁鋼片製造之馬達碳足跡差異 (kgCO _{2e})
290	29.82	2.469	50466.36	無
400	29.82	2.498	51059.12	424.56
1300	29.82	2.550	52122.00	1171.96

* 見宣告書附件七。產品非同一時間一起生產，因此未考慮生產時間特性及良率造成的差異

**見宣告書附件 3HP 4P 三種-特性數據，本次盤查標的物「使用 50CS290 電磁鋼片之馬達」用戶都位於美國，因此以美國電力進行使用階段碳足跡比對能源基礎

上表顯示與另兩款使用不同品級電磁鋼片為鐵心的馬達全生命週期碳足跡相較，至少降低了四百公斤的碳足跡；顯現出改變電磁鋼片有巨大的減碳效益。若考慮馬達在七年後更換消耗品即可恢復到全新時的能力，且可再用上數十年，效益會更為巨大。

大同與中鋼將透過宣傳，把這個成果傳達給一般民眾，以逐漸形成對鋼鐵業正面的社會印象。更希望形成社會輿論，推動鋼鐵產品及馬達產品的進步。

依此次碳足跡貢獻度的分析結果，馬達在客戶使用階段的電力使用效率將是此產品的碳足跡能否降低的關鍵。為使此種電磁鋼片為鐵心素材做出的馬達能有更低的碳排放，大同馬達廠將落實環境化設計精神，透過設計發揮馬達產品效能到極致，以減少客戶使用時消耗的電力，降低碳足跡。

參考文獻

PCR 2010 : 1.0, 產品類別規則供使用於準備「交流感應馬達(AC Motor)」產品環境宣告, Environment and Development Foundation, 第 1.0 版, 2010-07-09.

ISO 14040, “Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework”, second edition, 2006-07-01

ISO 14044, “Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines”, first edition, 2006-07-01

BSI PAS 2050 : 2008, “Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services”, 2008-10-29

Guide to PAS 2050, “How to assess the carbon footprint of goods and services”

Code of Good Practice for Product Greenhouse Gas Emission and Reduction Claims, 2008-10

Emission Factor, 2007 年版, 氣候變化專門委員會(The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)

ISO/CD 14067-1 , ”Carbon footprint of products - Part 1: Quantification” , 2010-03-09
ISO/CD 14067-1 , ”Carbon footprint of products - Part 2: Communication” , 2010-03-10
The Eco-indicator 95, Final Report
EPD supporting annexes , version 1.0 , 2008-02-29

聯絡人：黃文輝

聯絡人：王志強

聯絡地址：新竹市光復路二段321號

聯絡地址：台北縣三峽鎮237溪東路352號

聯絡電話：03-5732906

聯絡電話：02-86766888

E-Mail：vincenthuang@itri.org.tw

E-Mail：jerry@sansha.tatung.com.tw