

東海大學會計學系碩士在職專班  
碩士論文

提升能源效率設備投資引進模式與效益評估模式  
之研究：以蒸汽鍋爐設備為例

**A Study of Equipment and Performance Assessment**

**Model for Energy Efficiency Enhancement**

**-Using Steam Boiler as an Example**

指導教授：許恩得 博士

研究生：周翠蓮 撰

中華民國 107 年 1 月

## 謝 辭

感謝我的指導教授許恩得博士，在撰寫論文期間予以指導與激勵，這是思考的訓練，常因教授提點豁然貫通。記得教授在第一堂課時，要求同學們訂下未來五年的目標，學業與事業一樣，步進的過程必是崎嶇，勉勵我以真誠和努力想做、去做、做成、分享，只要有朝向目標的信念，必會抵達目的地，感謝口試委員蔡學章教授、林財丁教授給予本研究指導與指正，使本研究得以更加完善。

感謝兩家個案公司支持，採納我所提出的技術方法，在四年研究期間予以數據資訊的提供，能在實作的研究中強化數據的可信度，成功完成本研究撰寫。

感謝我的同學育廷、峻璋、明國，提供資料與相互鼓勵，讓我在這段期間，充滿前進的動力。

東海大學優美的校園，是我年少時期盼望的學府，在職場多年後實現當時所盼，進修會計學系碩士在職專班研讀。期間兼具事業與學業，從我化學工程專業領域去發展研究，由動機、探索、實作到結果，撰寫論文期間，深入閱讀文獻書籍，有感學海浩瀚，所完成的研究如浮海一粟，啟發自我不斷精進的動力。

最後，謹以本論文獻給我在天上的父親及我最摯愛的家人。

周翠蓮 謹誌  
東海大學會計學系研究所  
民國 107 年 2 月

# 提升能源效率設備投資引進模式與效益評估模式 之研究：以蒸汽鍋爐設備為例

指導教授：許恩得 博士

研究生：周翠蓮

學 號：G99437007

## 摘要

本研究應用個案研究方式，提升能源效率設備投資引進模式與效益評估模式，同時對兩家股票上市公司，製造相同產品工廠，投資同樣的環境保護設備於生產產品製程中。(一)作同產業不同企業相同年數的比較，(二)同一企業不同年度的比較，由本研究結果證明，以我國產業環境會計指引所定義的分類與項目及效益指標分析，均可獲得一致的效用趨勢。

提升能源效率設備投資引進模式，提供投資決策、執行過程、效益持續之確保，四個主要階段 (一)引進計劃(二)引進執行(三)效益確認(四)效益維持。

本研究連續四年，在相對企業活動量前提下，其環保直接效益使環境衝擊指標及環境負荷指標下降，環境效率指標上升。其環保附帶效益使固定成本的低減，帶來財務構面效益。且效益維持已連續三個會計期間。由於同時作同產業不同企業研究，可以環保角度分析其優勢表現及環境管理成果。

證明此提升能源效率設備投資引進模式與效益評估模式，獲得可比較性結果。有助於揭露生產產品時環境衝擊影響強度，使生產者與消費者得選擇環境友善的經濟活動。

**A Study of Equipment and Performance Assessment**  
**Model for Energy Efficiency Enhancement**  
**-Using Steam Boiler as an Example**

Advisors: Dr. En-Te Hsu

Graduate Student: Tsui-Lien Chou

Student No. : G99437007

**Abstract**

This study examines the investment and adoption model and performance assessment model of energy efficiency enhancements using individual cases. We compare two public companies that manufacture the same product and use the same type of environmental protection equipment in their respective production process. The following comparisons are made: (1) between two different companies in the same industry in the same year; (2) across different years of the same company. This study proves that the trend of efficiency enhancement can be obtained from definitions and categories of industry environmental accounting, as well as efficiency indicator analysis.

The investment and adoption model of energy efficiency enhancement guarantees investment strategy, execution, and benefit continuation. There are four main stages: (1) Adoption Planning, (2) Adoption Execution, (3) Benefit Confirmation, and (4) Benefit Continuation.

This study shows the benefit of environmental protection lowers the indicator levels of environmental impact and environmental burden. In addition, the fixed cost of production is also lowered, thus providing a financial benefit as well. Moreover, this benefit has continued for three consecutive accounting periods. Because we look at different companies in the same industry, we are able to analyze the advantages and performance of environmental management from an environmental protection perspective.

We prove that comparable results can be obtained from the investment and adoption model and performance assessment model of environmental protection, which helps reveal the intensity of environmental impact of the manufacturing process and gives both manufacturers and consumers a choice to engage in economic activities that are environmentally friendly.



# 目錄

謝辭.....	1
摘要 .....	2
Abstract.....	3
目錄 .....	5
圖目錄 .....	7
表目錄 .....	9
<b>第壹章、緒論</b> .....	<b>10</b>
第一節、研究背景與動機 .....	10
第二節、研究目的 .....	15
第三節、研究架構 .....	16
第四節、研究方法 .....	17
<b>第貳章、文獻探討</b> .....	<b>23</b>
第一節、環境永續 .....	23
第二節、我國產業環境會計指引 .....	26
<b>第參章、提升能源效率設備投資引進模式</b> .....	<b>29</b>
第一節、引進計劃 .....	32
第二節、引進執行 .....	36
第三節、效益確認 .....	38
第四節、效益維持 .....	49
<b>第肆章、效益評估模式</b> .....	<b>55</b>
第一節、環保直接效益 .....	56
第二節、環保成本效益 .....	57
第三節、環保附帶效益分析 .....	60
<b>第伍章、結論與建議</b> .....	<b>62</b>

第一節、研究結論與發現 .....	62
第二節、建議 .....	64
參考文獻 .....	65



## 圖目錄

圖 1-1 研究架構流程圖 .....	16
圖 1-2 環境保護相關數據建置步驟 .....	18
圖 2-1 人類文明安全與公平的空間 .....	24
圖 2-2 環境會計建置作業架構圖 .....	28
圖 3-1 提升能源效率之投資引進模式架構圖 .....	31
圖 3-2 H 廠基期與當期單位產品生產量環境衝擊指數差異 .....	41
圖 3-3 H 廠基期與當期單位產品生產量環境負荷指數差異 .....	42
圖 3-4 K 廠基期與當期單位產品生產量環境衝擊指數差異 .....	43
圖 3-5 K 廠基期與當期單位產品生產量環境負荷指數差異 .....	44
圖 3-6 H 廠基期與當期每單位能源投入生產量環境效率指標差異分析 .....	45
圖 3-7 H 廠基期與當期每單位二氧化碳排放環境效率指標差異分析 .....	46
圖 3-8 K 廠基期與當期每單位能源投入生產量環境效率指標差異分析 .....	47
圖 3-9 K 廠基期與當期每單位二氧化碳排放環境效率指標差異分析 .....	48
圖 3-10 H 廠基期與當期單位產品生產量投入能源量差異分析 .....	52
圖 3-11 H 廠基期與當期單位產品產量能源二氧化碳排放差異分析 .....	52
圖 3-12 H 廠基期與當期每單位能源投入產品產量環境效率差異分析	



.....	53
圖 3- 13 H 廠基期與當期每單位能源二氧化碳排放環境效率差異分析	
.....	53
圖 3- 14 K 廠基期與當期單位產品產量投入能源量差異分析 .....	52
圖 3- 15 圖 3- 13 K 廠基期與當期單位產品產量能源二氧化碳排放差異	
分析 .....	53
圖 3- 16 K 廠基期與當期每單位能源投入產品產量環境效率差異分析	
.....	54
圖 3- 17 K 廠基期與當期每單位能源二氧化碳排放環境效率差異分析	
.....	54



## 表目錄

表 1-1 六種溫室氣體的產生原因.....	11
表 1-2 巴黎協定與我國溫室氣體減量及管理法接軌.....	14
表 3-1 H 廠與 K 廠基期能資源總統計表.....	34
表 3- 2 H 廠與 K 廠基期環境效益指標基線.....	34
表 3-3 H 廠能資源總統計表.....	38
表 3-4 K 廠能資源總統計表.....	39
表 3-5 H 廠環境效益指標總統計表.....	39
表 3-6 K 廠環境效益指標總統計表.....	40
表 4-1 H 廠環保直接效益總統計表.....	56
表 4-2 K 廠環保直接效益總統計表.....	56
表 4-3 H 廠環境保護成本表.....	58
表 4-4 K 廠環境保護成本表.....	58
表 4-5 H 廠環保成本效益總統計表.....	59
表 4-6 K 廠環保成本效益總統計表.....	59
表 4-7 H 廠環保附帶效益表.....	61
表 4-8 K 廠環保附帶效益表.....	61

# 第壹章、緒論

## 第一節、研究背景與動機

廿一世紀國際重要的環境全球氣候暖化議題，各國科學家們的一致認為起因於人類活動致溫室氣體二氧化碳排放量上升效應。國際環境規劃署(UNEP)於 2009 年 2 月提出「減低碳依存、生態惡化及水源匱乏」宣言(UNEP 2009,09)。

我國行政院環境保護署提出國家環境政策，進行溫室氣體二氧化碳排放管制措施，於民國一〇四年七月一日正式頒佈溫室氣體減量及管理法<sup>1</sup>。預定將於 2050 年達成二氧化碳排放量為 2005 年之 50% 以下之目標。

公私部門與全民積極因應此議題，產業多元發展技術方法，需要用一致公平客觀的準測衡量效果效益。是故藉本個案研究提升能源效率設備投資引進模式與效益評估模式，解析企業降低環境衝擊減少二氧化碳排放成功案例，推動製造工業引進此一技術方法，促使有更多的公司願意投入環境保護行動，因而降低全球性環境負面影響。

### 一、近代影響環境之因素

地球大氣主要由約 78% 的氮氣( $N_2$ )、約 21% 的氧氣( $O_2$ )和約 1% 的氬氣( $Ar$ )所組成，並佔總大氣比例約 99%。而其餘約佔 1% 的微量氣體，卻具有輻射和化學活性，溫室氣體將吸收和再次釋放太陽短波紅外線輻射，因而影響地球輻射平衡和氣候變化。此效應造成地球表面和大氣層低層變暖，地球溫度將隨之升高，稱此為溫室效應。(張志強、曲建升、曾靜靜 2009)。

溫室氣體(GHG)共計六項，包含二氧化碳( $CO_2$ )、甲烷( $CH_4$ )、氧化亞氮( $N_2O$ )、六氟化硫( $SF_6$ )、全氟碳化物(PFCs)和氫氟碳化物(HFCs)等。而石化燃料、光電產業、半導體製程和電力業等產業活動興起，為近代影響溫室氣體大輻增加二氧化碳排放量的主要起因。來自人類活動造成六種溫室氣體大量產生，其來源與對氣候影響，如表 1-1 所示。

<sup>1</sup> 華總一義字第 10400077011 號令

表 1- 1 六種溫室氣體的產生原因

溫室氣體	二氧化碳 CO <sub>2</sub>	甲烷 CH <sub>4</sub>	氧化亞氮 N <sub>2</sub> O	全氟碳化物 PFCs	氫氟碳化物 HFCs	六氟化硫 SF <sub>6</sub>
來源	①石化燃料 ②改變土地的使用(砍伐森林)	①生物體的燃燒 ②家畜腸道發酵作用 ③水箱	①生物體的燃燒 ②燃料 ③化肥	①半導體製程 ②光電產業	①半導體製程 ②光電產業 ③冰箱及汽車冷氣系統主要冷媒	①電力業 ②滅火器 ③半導體製程光電產業
對氣候影響	吸收紅外線輻射，影響大氣平流層中 O <sub>3</sub> 的濃度	吸收紅外線輻射，影響對流層中 O <sub>3</sub> 及 OH 的濃度，影響平流層中 O <sub>3</sub> 和 H <sub>2</sub> O 的濃度，產生 CO <sub>2</sub> 。	吸收紅外線輻射，影響大氣平流層中 O <sub>3</sub> 的濃度	吸收紅外線輻射能力強(吸收大量地表熱及低空輻射熱)。	吸收紅外線輻射能力強(吸收大量地表熱及低空輻射熱)。	吸收紅外線輻射能力強(吸收大量地表熱及低空輻射熱)。
GWP	1	25	298	7390~12200	124~14800	22800

資料來源：張志強等(2009)，本研究整理

## 二、國際近期推動溫室氣體減量發展

1992 年聯合國通過氣候變化綱要公約 (United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，正式公約 1994 年 3 月 21 日生效，共計有 194 個締約國簽約，其目標為防止人為干擾氣候系統，而生態系統能夠自然地適應變化，並確保糧食充足生產，人類生存免受威脅<sup>2</sup>。

1997 年通過京都議定書 (Kyoto Protocol)，2005 年 2 月 16 日正式生效，共計有 184 個締約國簽約。其目標為相關國家 2008-2012 年排放水準回歸 1990 年下修 5.2%。減量彈性機制方式，包含(1)國際排放交易，已開發國家之配額交易 (京都議定書第十七條)。(2)共同執行，已開發國家於另一個已開發國家實施減量計畫，以取得其配合。(3)清潔發展機制，透過已開發國家提供資金和技術，

<sup>2</sup> www.bcsd.org.tw

協助開發中國家進行相關溫室氣體減量專案合作 (Clean Development Mechanism, CDM 京都議定書第十二條)<sup>3</sup>。

2016 年 11 月 4 日生效的巴黎協定 (Paris Agreement)，重新開啟全球共同對抗地球暖化與氣候變遷。其契機來自聯合國氣候變化綱要公約第二十一屆締約國會議 (The 21th Conference of Parties, COP21) 暨京都議定書 (Kyoto Protocol, KP) 第十一屆締約國會議 (The 11th Conference of Parties, CMP11)，以各國提交的「國家自定預期貢獻」(Intended Nationally Determined Contributions, INDCs) 為依據。因此，推估至 2030 年，為了達到 INDCs 減排量的承諾，有關低碳技術(特別是低碳電力系統轉型)與能源效率的投資，全球需增加約 13.5 兆美元(平均每年約 9000 億美元)，也將開創全球邁向低碳與潔淨的經濟契機。(經濟部工業局 2016)。

### 三、我國近期推動溫室氣體減量發展

我國為防制氣候變遷並追求永續發展，行政院環境保護署於 97 年 2 月 4 日爰擬具「溫室氣體減量法」草案。行政院於 97 年擬訂永續能源政策綱領，揭示溫室氣體減量目標，節能減碳無悔措施全民行動方案<sup>4</sup>。將於未來 8 年，每年提高能源效率 2% 以上；並藉由能源技術突破及節能配套措施，能源密集度則於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上，2025 年下降 50% 以上，以提高我國能源效率。(行政院環境保護署 2011)。

我國另訂定國家節能減碳總目標，行政院於 98 年 12 月 11 日成立節能減碳推動會，結合相關部會規劃「國家節能減碳總計畫」，以加速落實各部門節能減碳策略措施，並分年制訂目標與實踐。(行政院環境保護署 2011)。

隨後行政院環境保護署，於 99 年 9 月 10 日分別訂定溫室氣體先期專案暨抵換專案推動原則<sup>5</sup>，以及溫室氣體盤查及登錄管理原則<sup>6</sup>。另於 101 年 5 月 9 日修訂空氣污染防治法，明列二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、六氟化硫及全氟化碳等溫室氣體為空氣污染物。

<sup>3</sup> www.bcsd.org.tw

<sup>4</sup> 97 年 6 月 5 日經濟部第 3095 次院會

<sup>5</sup> 環署字第 0990081483A 號令

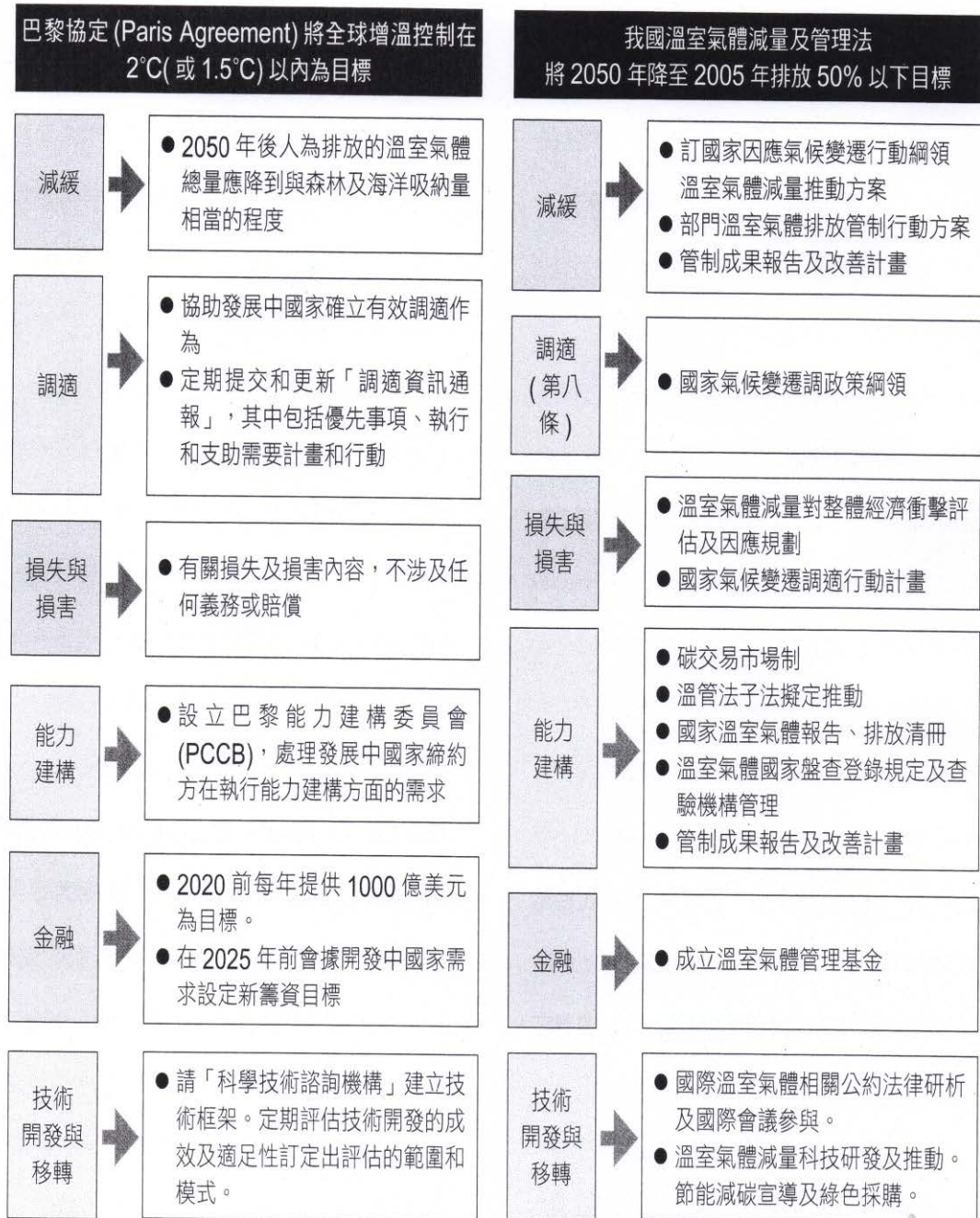
<sup>6</sup> 環署溫字第 0990081511A 號令

我國為奠定溫室氣體減量法制基礎，101 年持續推動「溫室氣體減量法」制訂立法，配合研議中的「能源稅法」並結合已施行的「能源管理法」及「再生能源發展條例」等為減碳四法；另外，為符合國際發展趨勢，環保署已啟動且備「可量測、可報告、可查證 (Measurable, Reportable, Verifiable, MRV)」之溫室氣體排放量盤查、登錄和查證制度的建置工程。並於 101 年 5 月依據「空氣污染防治法」公告二氧化碳等 6 種溫室氣體為空氣污染物，藉以推動溫室氣體排放量申報法制作業，遂於 102 年 1 月 1 日要求國內主要耗能產業及高能源密集度業者，須依管理辦法相關規定，完成溫室氣體排放量之申報、盤查和查證作業，以利形成健全的管理機制。(行政院環保署 2011)

我國雖非「巴黎氣候協定」締約國，仍然於 2015 年 9 月 17 日主動提出臺灣的 INDC，承諾 2030 年碳排放量將降為 2005 的 20%，彰顯我國善盡共同保護地球環境責任的意願。「巴黎氣候協定」是未來因應氣候變遷行動的依循架構之一，在此發展趨勢下，臺灣除了面對節能減碳壓力，更應積極掌握全球綠色金融路徑發展，及所衍生的產業發展契機，化「節能減碳壓力」為「綠色成長動力」，藉此帶動綠能經濟轉型。(蘇漢邦、陳冠彰 2016)。



表 1-2 巴黎協定與我國溫室氣體減量及管理法接軌



資料來源：蘇漢邦、陳冠彰(2016)

## 第二節、研究目的

工業生產製造過程能資源投入重大項目，為燃料能源、電力能源、水資源，工業生產過程其投入能資源比例，佔民生生活消費高比重，故由工業製造部門，作環境保護改善來獲得較高效益，使工業生產過程能資源取攬減低依賴，進而對地球資源得以保護。

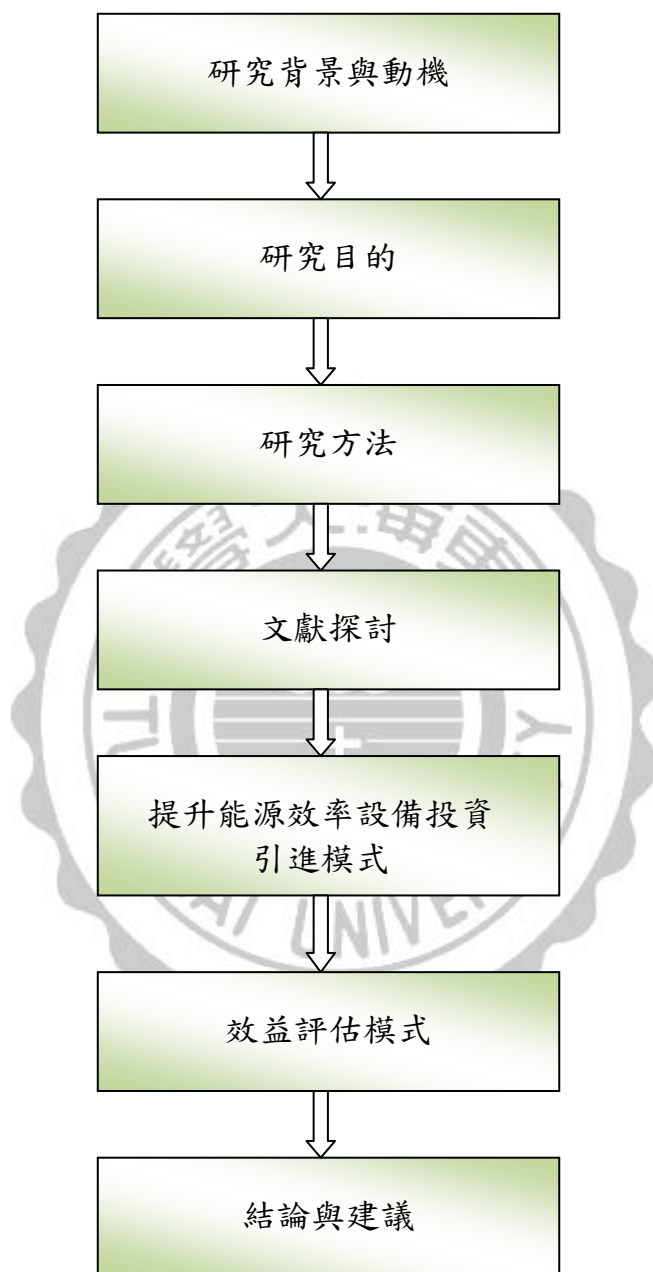
本研究針對工業生產產品製程，能資源投入重大之蒸汽鍋爐設備，發展提升能源效率之投資引進模式，應用提升能源效率技術方法，減少能源投入，降低石化燃料燃燒後產出溫室氣體二氧化碳排放。參照產業環境會計指引，用一致公平客觀的準則衡量效果效益，將企業投入環境改善及保護投入的資源及其效益，作完整及一致的分析。

目的是為提供企業環境保護投資過程，及投資完成後效益評估，一套有效的方式。故發展提升能源效率之投資引進模式及效益評估模式，應用提升能源效率技術方法，藉由實際成功案例，推動更多企業引進。除因應國際環境保護議題及我國溫室氣體減量及管理法以外，助益企業自我解析，環境成本在產品服務成本中佔有的比重。



### 第三節、研究架構

圖 1-1 研究架構流程圖



#### 第四節、研究方法

本研究個案之環境保護成本及環境保護效益衡量與揭露準則，係參照我國行政院環境保護署 97 年 8 月頒佈之產業環境會計指引，(產業環境會計指引 ISBN：978-986-01-5027-8)，依研究架構進行本研究。

基期是謂，環境保護投資實施前一至三年企業環境資訊，至少為一年度的數據資訊，實施前連續三年的數據資訊尤佳。經企業活動流程、設備、設施的描述與解釋，由其環境資訊數據蒐集，經統計、分析、演算，建立環境保護投資實施前資訊基線。基期之基線是一組將作未來衡量基準的數據資訊。當期，意即環境保護設備投資完成後，正式啟用為當期之起時。

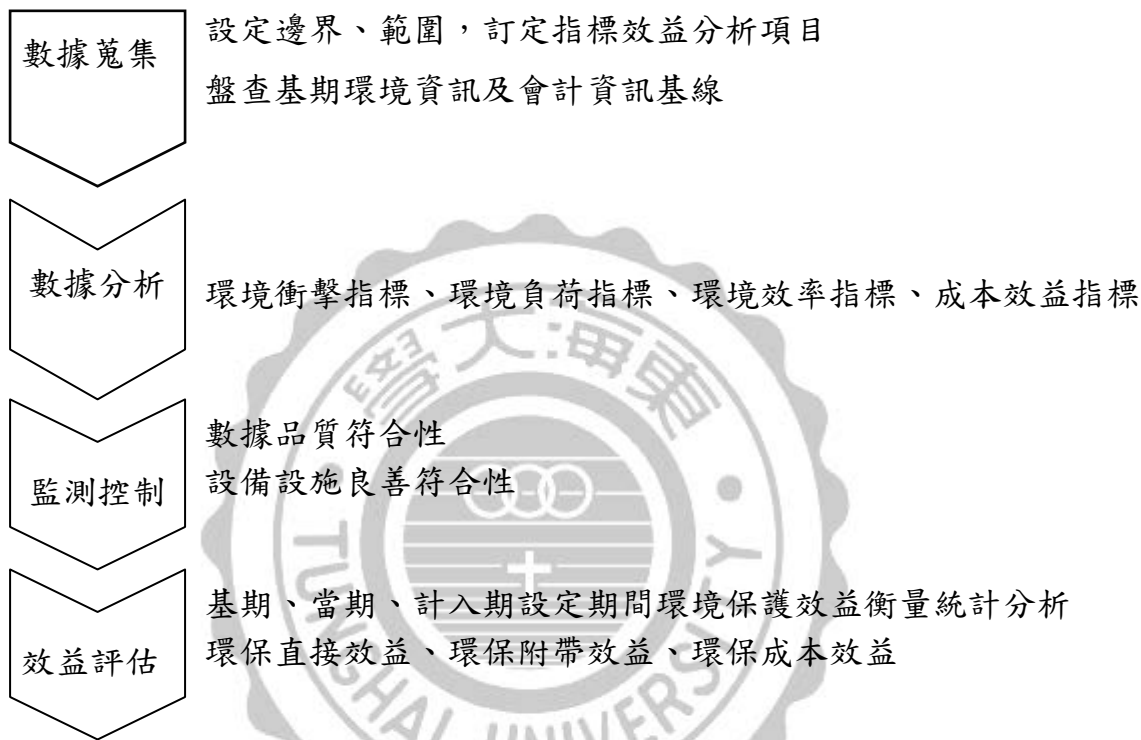
本研究藉以連續三年期間相對企業活動量的比較，可瞭解企業環境保護投資活動的進展，本研究對兩個個案公司作環境管理數據資訊蒐集。投資前一年設定為基期，數據資訊建立為基期基線，投資完成後的數據資訊建立為當期，比較分析環境保護投資前後差異。H 廠基期為 2012 年一年數據，K 廠基期為 2013 年一年數據。H 廠當期為 2013 年~2015 年三個年度連續數據蒐集統計分析，K 廠當期為 2014 年~2016 年三個年度連續數據蒐集統計分析。

當效益一期以上，且效益持續獲得時可設定為效益計入期間，可說明最近三年的趨勢變化與未來預計的環保效益。

## 一、環境保護資訊建置步驟

環境保護資訊建置步驟如下圖

圖 1-2 環境保護相關數據建置步驟



### (一) 資訊蒐集

鑑別環境保護行動性質與成本分類符合性，循文獻所提環境會計建置原則，(1)攸關性(2)可靠性(3)可瞭解性(4)可比較性(5)可驗證性，進行資訊蒐集。

個案公司為傳統製造產業，以工廠廠址設定為邊界，生產產品製造程序之蒸汽鍋爐投入能資源的環境衝擊設定為範圍。設備均設有能源流量錶、水流量錶，專責人員每 2 小時實際抄錄計量器數據製作成日報表、月報表，以電子檔、紙本保存品質記錄。企業活動量意指生產產品產量單位總數，由個案工廠管理部生產績效核算部門提供。資訊記錄為一級數據品質。

## (二)數據分析

以工廠不同期間比較環境會計衡量指標，訂定環境衝擊指標、環境負荷指標、環境效率指標、成本效益指標等，蒐集廠址內生產產量與環境衝擊量數據，作為基期與當期環境保護成本及環境保護效益實證。

## (三)監測控制

設備設施工程完成後運轉啟用時，同時必須對管理設備的負責單位人員，進行操作維護的教育訓練。凡環境管理、環境會計資訊，必須建立表單、電子化數據統計，並作數據保存。環境管理資訊提供常來自儀器、計量器，為保證數據品質，必須定期檢查校正。

## (四)效益評估

以物量單位來衡量企業因環境保護行動所減低的環境衝擊及環境負荷。企業可依營業活動性質選定適當的衡量指標。兩家個案公司係引進投資提升蒸汽鍋爐能源效率設備，效益評估重點在提升能源效率後的環保直接效益，及減少能源投入衍生的環保附帶效益。同時予以衡量引進投資成本效益，分析貨幣成本投入後，個案設定範圍所訂定環保效益指標發揮的效果。

## 二、環保效益評估模式

當企業執行環境保護活動時，企業可依性質需求選定適當衡量指標。效益可分為環保直接效益及環保附帶效益，「環保直接效益」以物量單位來衡量。「環保附帶效益」以貨幣單位來衡量，意即費用的節省。本研究個案(1)減低的環境衝擊以環境衝擊指標衡量；(2)降低或改善的環境污染之環境負荷以環境負荷指標衡量；(3)提高單位能資源使用效率，當環境衝擊投入時能有較高的生產產品產量，以環境效率指標來衡量。

## (一)環保直接效益

環保直接效益

環保直接效益=基期衡量指標-當期衡量指標或

環保直接效益=基期衡量指標×(當期企業活動量÷基期企業活動量)-當期衡量指標

1.減低的環境衝擊，以環境衝擊指標衡量

1-1 環境衝擊效益=基期能源環境衝擊量×(當期企業活動量÷基期企業活動量)-當期能源環境衝擊量

1-2 每單位產品能源投入量(KL) =  $\frac{\text{能源投入量(KL 或 KM}^3\text{)}}{\text{生產產品量(噸)}}$

1-3 環境衝擊指標 =  $\frac{\text{能源投入量(KL 或 KM}^3\text{)}}{\text{生產產品量(噸)}}$

1-4 降低環境衝擊效益之蒸汽鍋爐能源投入量(KL)  
基期能源投入量×(當期產品生產量÷基期產品生產量)-當期能源投入量

1-5 降低環境衝擊效益之蒸汽鍋爐能源投入量百分率 (%)  
=當期降低環境衝擊量 (KL)÷基期全年環境衝擊量 (KL)×100%

2.降低環境污染，以環境負荷指標衡量

2-1 環境負荷效益=基期能源環境負荷量×(當期企業活動量÷基期企業活動量)-當期能源環境負荷量

2-2 環境負荷指標 =  $\frac{\text{能源投入量(KL 或 KM}^3\text{)}}{\text{生產產品量(噸)}}$  ×二氧化碳排放系數

2-3 降低環境負荷效益之蒸汽鍋爐能源二氧化碳排放量(eCO<sub>2</sub>,Ton)  
=基期能源投入二氧化碳排放量×(當期產品生產量÷基期產品生產量)  
-當期能源投入二氧化碳排放量

2-4 降低環境負荷效益之蒸汽鍋爐能源二氧化碳排放量百分率 (%)  
=當期降低蒸汽鍋爐能源溫室氣體二氧化碳排放量 eCO<sub>2</sub>,Ton÷基期全年  
蒸汽鍋爐能源溫室氣體二氧化碳排放量 eCO<sub>2</sub>,Ton×100%

3.提高單位能源使用效率，以環境效率指標衡量

3-1 環境效率效益=企業活動量/環境衝擊

生產產品量/蒸汽鍋爐能源投入量

生產產品量/蒸汽鍋爐投入能源二氧化碳排放量

生產產品量(噸)

3-2 每單位能源投入環境效率指標 =  $\frac{\text{生產產品量(噸)}}{\text{投入能源量(KL 或 KM}^3\text{)}}$

3-3 每單位能源二氧化碳排放環境效率指標

生產產品量(噸)

=  $\frac{\text{生產產品量(噸)}}{\text{投入能源量(KL 或 KM}^3\text{)} \times \text{二氧化碳排放係數}}$

3-4 上升環境效率效益之蒸汽鍋爐每單位能源投入量 (KL)

=(當期生產產品量/能源投入量)-(基期生產產品量/能源投入量)

如是正值表示有上升環境效率之效益

3-5 上升環境效率效益之蒸汽鍋爐每單位能源投入二氧化碳排放量

=(當期生產產品量/能源投入二氧化碳排放量)-(基期生產產品量/能源投入二氧化碳排放量)

如是正值表示有上升環境效率之效益

## (二)環保附帶效益

費用的節省=基期費用-當期費用 或

費用的節省=基期費用×(當期企業活動量÷基期企業活動量)-當期費用

年費用節省=基期年費用×(當期產品產量÷基期產品產量)

-當期年費用

## 三、成本效益評估模式

以貨幣衡量環境保護目的之活動的資本投資與費用支出的成本。因投資購置之設備，逐年遞減效能的定期材料是為減低蒸汽鍋爐投入能源後的溫室氣體排放量，故屬於「營運成本」之全球性環境保護成本。「管理成本」，設備運轉管理人事費、維護費屬之；管理人事費以分攤工時費用計之；耗品材料、維護費參考設備商技術手冊建議，費用預算分攤於效益計入期間計算。成本投入後的環保效果，以成本效益指標衡量。成本效益指標係指每單位環保成本所產生的環保效果。

### 成本效益

(1) 成本效益=環保直接效益/環保成本

(2) 降低環境衝擊成本效益  
= { [ 基期能源環境衝擊量×(當期企業活動量÷基期企業活動量) ] - 當期能源環境衝擊量 } / 環保成本

(3) 降低環境負荷成本效益  
= { [ 基期能源環境負荷量×(當期企業活動量÷基期企業活動量) ] - 當期能源環境負荷量 } / 環保成本

(4) 環保附帶效益之成本效益比  
節省的能源採購費用÷環境保護成本投資費用。

## 第貳章、文獻探討

### 第一節、環境永續

林建三(1997)指出廣義之環境包括社會環境，泛指圍繞著人群的空間，以及直接或間接影響人類生活和發展之自然因素的之總體。環境可分為地球、生物、人為等三類。相對於人類對環境的影響，則可分為兩方面，一為自然資源無限制的攫取，二為廢污的產生並未妥善處理。(張錦松、黃政賢 2003)。

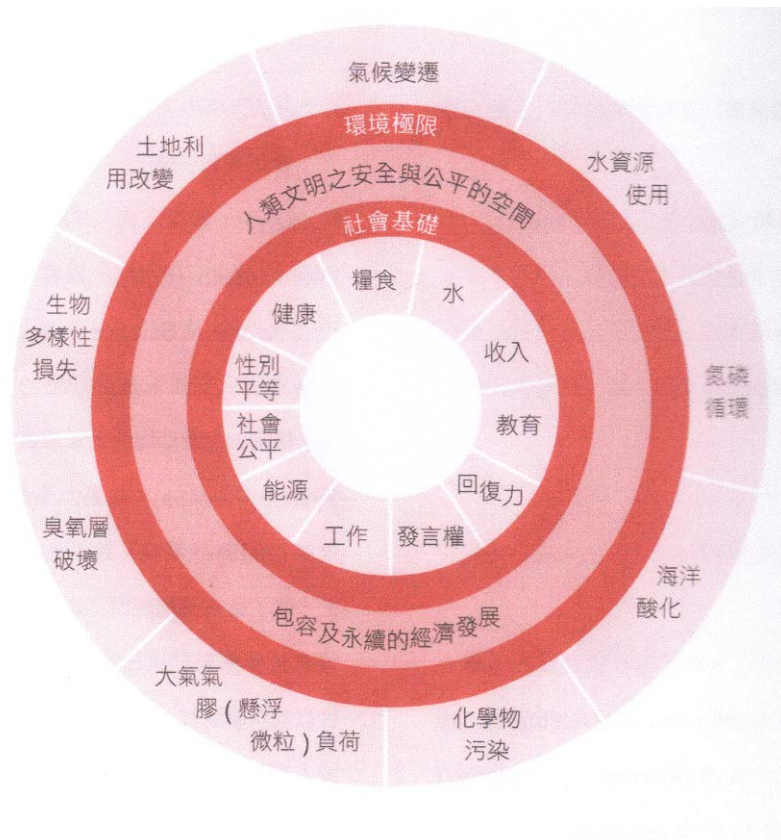
#### 一、地球限度(Planetary Boundaries)的概念

Kate Raworth 於 2012 年，於在國際樂施會(OXFAM,International)提出「一個人類文明安全與公平的空間 (A Safe and Just Space for Humanity)」，明確的建議永續發展亦可結合地球限度與社會限度的概念。以確認人類所需的資源是否可滿足，且於資源使用過程中，不會額外造成地球系統的壓力。(胡憲倫 2015)。

溫室氣體大幅增量的原因，除了人類生理活動產出以外，大部份來自人類經濟活動，在追求科技與便捷的生活文明的同時，經濟活動的蓬勃發展增加需求，大量工廠製造的同時造成地球環境的改變。然而資源有限理論，自然資源、環境、生態在過度的取汲之下，自然資源終將匱乏，聯合國氣候變化綱要公約提出減緩全球氣候暖化環境議題。



圖 2-1 人類文明安全與公平的空間



資料來源：胡憲倫(2015)

## 二、社會成本

經濟學所指社會成本為包括私人成本與外部成本之和，外部成本則最為社會所關切。最典型的外部成本例子，莫過於環境污染，包括空氣污染、水污染和噪音污染等。在自由經濟體系制下，環境破壞過度與自然資源不當使用，將造成土石流等生態與自然環境的持續惡化，而對於社會所造成的傷害，大多未由污染者和環境破壞者所承擔。(張清溪、許嘉棟、劉鶯釗、吳聰敏 2007)

張清溪等(2007)主張外部性成因，可以「(1)賦予財產權(2)直接管制(3)課稅或補貼使外部效果內部化為補救辦法。」其中，直接管制常對污染排

放設定上限；國際間透過談判與貿易制裁，限制各國二氧化碳等溫室氣體的排放量。而第三種辦法，則是政府藉由課稅或補貼，將外部效果內部化。針對產生外部成本的行為者課稅，另加以補貼提供外部效益者，可自行負擔損失或享受效益。

### 三、環境會計

1996年聯合國環境規劃署(UNEP)指出，企業永續發展應致力的方向，理想次序則為：環境會計、環境指標、環境管理系統、環境稽核、環境報告、認證，以及環境標竿比較等。有鑒各國對於環境相關資訊，如成本及效益等的需求與日俱增，然而傳統會計制度卻無法提供充分資料，以供環境管理決策之用，因而，更加突顯環境會計 (Environmental Accounting)發展的重要性。(李素琴 2009)。

傳統會計存在著「四項缺失：(1)未能全面定義與涵蓋成本與效益(2)未能客觀的將風險因素納入分析範圍(3)未能將決策分析清楚並予以結構化(4)未能將計畫之非財績效特性清楚定義，並將之與公司之決策目標相連結。傳統上會計將成本區分為直接/間接材料成本 (Direct/Indirect material)、直接/間接人力成本 (Direct/Indirect labor)與經常性支出 (Overhead)。」上述缺失中，清楚顯現推動環境會計迫切性來自第一項缺失：未能全面定義與涵蓋成本與效益。因為，環境成本與效益皆隱藏於傳統會計的成本分類中，無法確切的呈現於會計資訊。(胡憲倫 2002；張巧菱 2009)。

對企業而言，環境保護等活動並不完全是費用，若是有效率的環保活動，仍可為企業帶來收入。環境會計制度則是一項有效的系統，可將環保活動化為實際的財務數字，而企業更能明瞭環保活動所創造的成果及效益。(李素琴 2009)。

## 第二節、我國產業環境會計指引

### 一、產業環境會計內涵

我國產業環境會計指引所定義的環境保護活動，主要指企業為環境保護目的，從事營運過程和產品或服務，以減輕、預防或消除對環境造成的衝擊，以及有效利用自然資源等活動皆屬之。(行政院環境保護署統計室 2008)。

#### 1. 定義

產業環境會計將企業致力於環境改善及保護所投入資源與執行成果，藉由衡量、記錄、分析和解釋等程序，做完整及一致性的整理，並將結果提供給企業利害關係人使用。因此，產業環境會計可視為完善資訊系統，以傳遞企業環境保護活動相關資訊給利害關係人為目的，其資訊可作為利害關係人之判斷與決策參考。(行政院環境保護署統計室 2008)。

#### 2. 產業環境會計的內部功能與外部功能

產業環境會計的內部功能，為其會計資訊為內部管理工具，可完整與明確的記錄環境保護活動，財務資訊並可提供企業經營決策，藉此改善企業營運過程中對環境的衝擊，另外，亦可分析各項活動的成本與效益。當以環境保護角度而言，以財務觀點分析環境保護活動特性，亦可分析產品成本中，環境保護成本所占比例及影響程度，其資訊皆可提供企業競爭之優劣勢分析。(行政院環境保護署統計室 2008)

產業環境會計的外部功能，為企業對外提供環境保護活動資訊，可促進外部利害關係人(如政府、股東、環保團體、消費者與社區民眾等)對企業投入環境保護活動及其效益的瞭解。透過環境保護的成本結構與趨勢分析，可促使企業對外部利害關係人所應負履行責任外，亦可讓外部利害關係人確切理解公司致力於環境保護的努力與成果，皆有助於外部利害關係人對企業環境保護活動適當評價。(行政院環境保護署統計室 2008)

## 二、產業環境會計建置原則

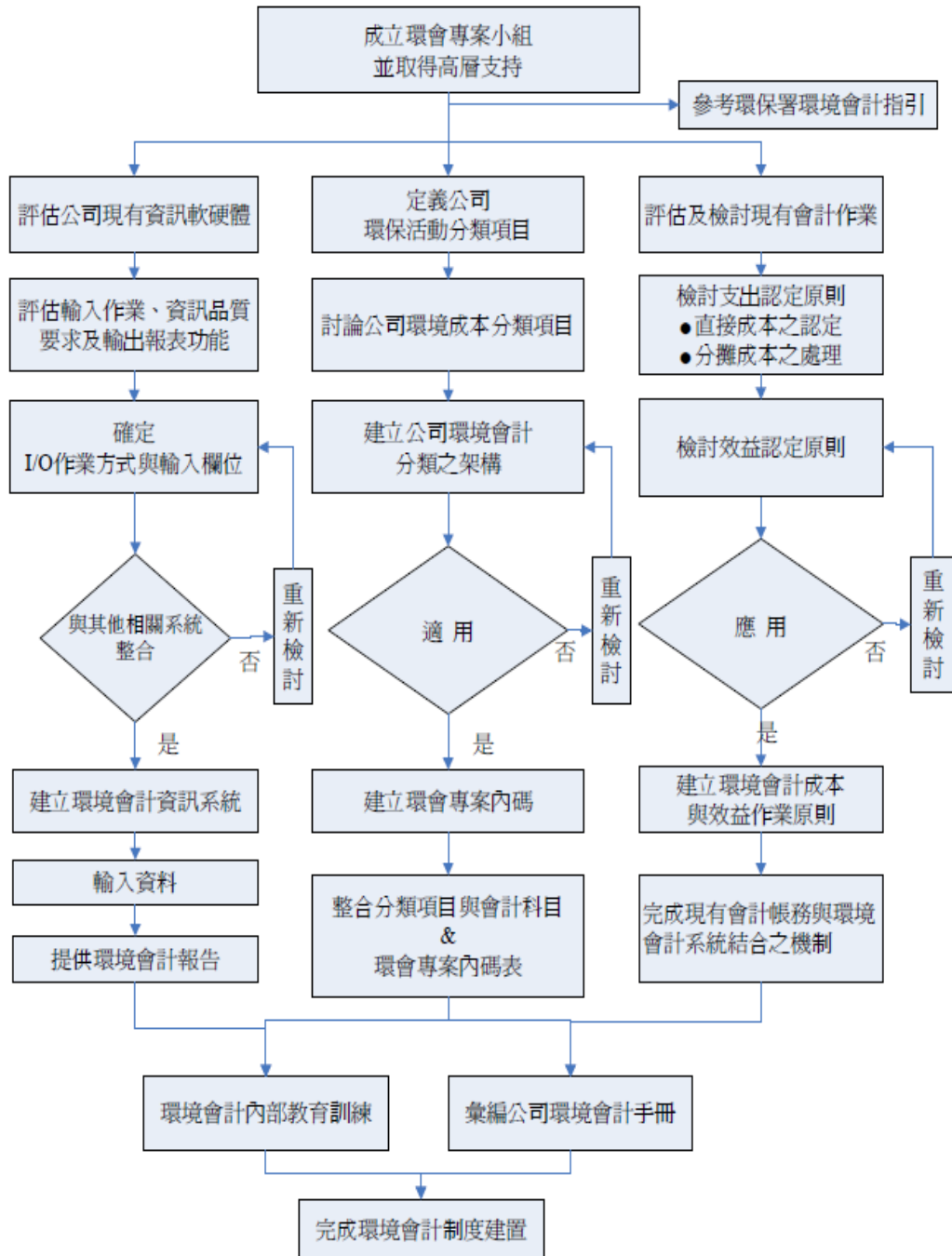
企業建置環境會計應符合攸關性、可靠性、可瞭解性、可比較性和可驗證性等原則，可藉此加強建置效率及提升資訊品質。(行政院環境保護署統計室 2008)

## 三、產業環境會計之管理應用與揭露

企業可組合計算環境保護成本、保護效益與事業活動等項目，產生環境保護活動的分析管理指標，例如，成本比重、成本效益、環境負荷以及環境效率等 4 類指標，另外，企業亦可依需求與產業特性，自行組合適用的其他指標。(行政院環境保護署統計室 2008)。

人類除了生理活動產出污染外，物質需求消費必然因文明日趨升高，物質生產產量活動亦隨之升高，最明顯是消費產品因工廠製造生產所造成之環境污染衝擊與生產產品過程造成環境破壞。企業有責任使之消除、減輕、降低、預防，並負有管理與揭露責任，為呈現我國產業環境會計指引重要內文，直接引用使易瞭解指引要求環境會計資訊審慎原則。

圖 2-2 環境會計建置作業架構圖



資料來源：行政院環境保護署(2008)

## 第參章、提升能源效率設備投資引進模式

本研究應用個案研究方式，發展提升能源效率設備投資引進模式，應用提升能源效率技術方法，同時對兩家股票上市公司，製造相同產品工廠，投資同樣的環境保護設備於生產產品製程中。(一)作同產業不同企業相同年數的比較，(二)同一企業不同年度的比較，由本研究結果證明，兩個案公司環境保護設備成本之投資，以產業環境會計指引所定義的分類項目及效益指標分析，均可獲得一致的效用趨勢。以下個案中簡稱 H 廠與 K 廠。

### 一、H 廠公司簡介

H 廠橡膠工業股份有限公司，成立於 1945 年 12 月，至今成立七十二年，資本額 33.68 億。以生產各式自行車內外胎、機車內外胎、農工業車、轎車、休閒車、輕卡車等內外胎及輻射層車胎之製造生產。立足台灣展望全球，在美國、中國大陸、泰國設有子公司與生產工廠。重要記事略述如下。1974 年取得美國交通運輸部 DOT 認證。1989 年取得日本工業規格 JIS 認證。1993 年取得歐洲共同市場輪胎標準 E-MARK 認證。2000 年股票上市掛牌。2003 年泰國證交所上市掛牌。專注自有品牌發展，以誠懇、專業、品質自我要求，至今生產線 80% 生產自有品牌 20% 為世界級廠商代工。

### 二、K 廠公司簡介

K 廠橡膠工業股份有限公司，成立於 1962 年 3 月，成立至今五十五年，資本額 87.44 億。以生產各式自行車內外胎、機車內外胎、農工業車、轎車、休閒車、輕卡車等內外胎及輻射層車胎之製造生產。全球國際化佈局，於台灣、美國、歐洲、中國大陸、越南、印尼設立子公司與生產工廠。重要記事略述如下。1974 年成功開發自行車反光輪胎，為台灣第一家反光車胎製造廠。1989 年取得日本工業規格 JIS 認證。1990 年股票上市。1991 年取得歐洲共同市場輪胎標準 E-MARK 認證。2014 年通過 ISO-50001 認證。為發展全球佈局，建立世界品牌，先從美國打出知名度，進而影響歐洲，目前在美國自有品牌市佔率 27%。

吾人欲引進前述成本投資時，需經審慎原則檢視內外部重要影響，鑑定先後行動等級，由攸關環境保護行動作成本分類項目。

內部要求，為企業營運過程中改善對環境造成的衝擊，由環保角度提高競爭優勢，如貿易市場競爭、員工工作環境妥善等。管理面則是成本效益如財務之降低直接成本、間接成本，減少採購能源費用，減省人力費用，減少廢棄物料等需求。

外部要求，為企業營運過程中改善對環境造成的衝擊，必須符合外部的管制或要求，最常為法律及法規的符合原則。另一方面是外部利害關係人的要求，如政府、環保團體、社區民眾、消費者、股東等，如企業形象、企業社會責任報告書等。

為貢獻於本研究期間實作心得，提出提升能源效率設備投資引進模式，以此引進模式，同為兩個個案公司實施環境保護成本投資完成後，實證獲得一致效益趨勢。

提升能源效率設備投資引進模式分成四個主要階段，(一)引進計劃(二)引進執行(三)效益確認(四)效益維持，遂整理成提升能源效率設備投資引進模式架構圖，四個進行階段內文一一說明。



圖 3-1 提升能源效率設備投資引進模式架構圖





## 第一節、引進計劃

### 一、內外部要求

引進計劃最初考慮要點為內外部要求，常是投資引進的動機與目的。

內部要求，緣由產品製造程序必須有蒸汽鍋爐能源投入，因油電雙漲時期，能源採購成本持續升高，H 廠與 K 廠為降低此間接成本投入，採取行動方案。

外部要求，H 廠與 K 廠同為股票上市公司，為符合企業社會責任報告，讓外部利害關係人瞭解，公司不斷地為環境保護作努力。同時為符合國際環境保護組織及我國政府溫室氣體減量及管理法頒佈，為因應此議題，故採取行動方案。

### 二、邊界與範圍定義

營運邊界，使用財務與營運控制的概念，來設定一個組織的營運邊界。組織邊界，可由一個或多個設施組成。企業可自行依規模決定邊界，大至總企業體含子公司全部納入，小至公司內之一個單位部門，均可定義為投資範圍之邊界。本研究投資邊界設定，H 公司大村工廠廠址簡稱 H 廠，K 公司雲林工廠廠址簡稱 K 廠。

範圍的定義，邊界中可由一個或多個設施組成，盤查出欲減低或消除的環境衝擊項目，本研究範圍設定為生產產品製程之蒸汽鍋爐，提升能源效率，降低投入能源造成溫室氣體二氧化碳排放。

### 三、鑑定環境衝擊及負荷影響嚴重度

環境衝擊為造成環境負荷項目之營運活動總稱。環境負荷為對環境造成污染之項目，例如空氣污染、溫室氣體排放、廢水、廢棄物、毒物、噪音等。

在影響嚴重度鑑定優先行動等級時，首先考慮內外部環境負荷發生時，(一)我國法律及法規管制的遵守原則，有不符合者一律為優先行動等級。(二)國際環境組織之要求(三)環境衝擊與負荷量影響度高，投資成本後有高效果高效益者。(四)企業環境保護自願性提升。

兩個案公司之設定邊界，均符合我國環境保護法管制要求，惟國際環境組織及我國政府環境政策，溫室氣體減量及管理法頒佈，企業自願性提升環境保護行動，因應為降低溫室氣體二氧化碳排放之要求，故執行環境保護行動提升能源效率，減少能源投入的環境衝擊，減少溫室氣體二氧化碳排放，附帶減少能源採購費用。

#### 四、基期與基線說明描述

基期之基線是一組將作未來比較衡量基準數據資訊。本研究基線建立四個項目，環境衝擊指標、環境負荷指標、能源環境效率指標、二氧化碳排放環境效率指標。兩個案公司製造產品的程序中，蒸汽鍋爐為產生蒸汽熱能設備，能源經熱傳導產生高壓高溫蒸汽，提供了製造產品程序的熱源。其能源為鍋爐重油或天然氣，以公秉 (KL)或千立方米 (KM<sup>3</sup>)為單位。飼補水作蒸汽產出的水源，以立方公尺 (M<sup>3</sup>)為單位。

蒸汽鍋爐耗用能源量為工廠每日生產產品使用能源計量器的數據記錄統總成日報表、月報表、年報表數據。企業活動量意指工廠生產產品產量，以公噸 (Ton)為單位。H 廠能資源總統計表(表 3-1)，K 廠能資源總統計表(表 3-2)

### (一)基期設定

本研究兩個個案基期，依產業環境會計指引應為會計期間一期以上，意即環境保護設備投資前至少一年度的數據建立基期，H 廠基期為 2012 年一年數據，K 廠基期為 2013 年一年數據。

當期，意即環境保護設備投資完成後，正式啟用為當期之起時 H 廠當期為 2013 年~2015 年三個年度連續數據蒐集統計分析，K 廠當期為 2014 年~2016 年三個年度連續數據蒐集統計分析。

表 3-1 H 廠與 K 廠基期能資源統計表

	年 總 計 值	蒸水 汽資 鍋源 爐量 用 (M <sup>3</sup> )	蒸能 汽源 鍋量 爐 投 入
H 廠基期	2012	64208.410	4318.689
	月平均	5350.701	359.891
K 廠基期	2013	103427.000	6543.889
	月平均	8618.917	545.324

資料來源：本研究整理

H 廠邊界為事業單位廠址內，範圍界定於生產產品製造程序中能源投入量。基期設定期為 2012 年，能源投入量 4318.689KL。

K 廠邊界為事業單位廠址內，範圍界定於生產產品製造程序中能源投入量。基期設定期為 2013 年，能源投入量 6543.889 KM<sup>3</sup>。

## (二)基期各項環境效益指標基線

### 1.環境衝擊與環境負荷指標基線

H 廠與 K 廠環境衝擊與環境負荷指標基線，生產每噸產品的能源投入量，即為生產每噸產品時所需的鍋爐重油量或天然氣量，由生產產量(噸)除以鍋爐重油量 (KL)或天然氣量 (KM<sup>3</sup>)，得之。能源二氧化碳排放系數依能源局公告重油 3.111eCO<sub>2</sub>, 噸/KL，天然氣 2.419eCO<sub>2</sub>, 噸/KM<sup>3</sup>引用之。

### 2.環境效率指標基線

H 廠與 K 廠環境效率指標基線，工廠因生產產品需要使用能源，因而產生環境衝擊與環境負荷，故當每一單位的能源投入使環境負荷發生時，可發揮較高效率的生產產量，改善後若環境效率指標越高，表示環保直接效益越高。

表 3-2 H 廠與 K 廠基期環境效益指標基線

	年平均 值	每 噸 產 品 入 能 量 源	環 境 衝 擊 指 標	環 境 負 荷 指 標	每環 單境 位效 能率 源指 投標 入	每排 單放 位環 能境 源效 二率 氧指 化標 碳
H 廠基期	2012	0.289	0.289	0.899	3.462	1.113
K 廠基期	2013	0.225	0.225	0.545	4.451	1.840

資料來源：本研究整理

H 廠基期設定為 2012 年基線，生產每單位產品需投入重油 0.289KL，環境衝擊指標 0.289，環境負荷指標 0.899，每單位能源投入環境效率指標 3.462，每單位能源溫室氣體排放環境效率指標 1.113

K 廠基期設定為 2013 年基線，生產每單位產品需投入天然氣 0.225KM<sup>3</sup>，環境衝擊指標 0.225，環境負荷指標 0.545，每單位能源投入環境效率指標 4.451，每單位能源溫室氣體排放環境效率指標 1.840

## 五、環境保護活動分類

首先界定環境保護活動行動是否符合環境保護目的，依產業環境會計指引中成本分類項目歸類，逐一建立成本項目。

本個案研究成本大分類有兩項，營運成本及管理成本，營運成本中分類項目為全球性環境保護成本，小分類項目為氣候變遷預防溫室氣體抑制。管理成本包含人員監測、檢查、設備妥善維護、資訊分析等。

## 第二節、引進執行

### 一、鑑識設備、設施使用規定限制

在引進執行技術方法選定前需優先考慮項目，設備系統原則必須(一)遵守危險性設備、設施法規規定使用及操作，(二)設備原廠要求之適正妥善使用及操作。(三)參照科學方法。應用之技術方法，必須執行後之效果效益能達成可查證可報告之確認。首先明瞭蒸汽鍋爐熱能的使用情形，應用鍋爐效率計算，找出熱損失點。兩家個案公司投資引進提升能源效率設備減少熱損失，目的提升能源使用效率。

### 二、技術方法與成本效益

在選擇應用技術方法時，使投資成本能獲得最佳直接環保效益及環保附帶效益。謂即最低成本，成本有效。

執行方案公司自行做內外部資源審查，檢視內部管理面、技術面、資金預算等。H 廠與 K 廠內部管理面，由保全課來擔任蒸汽鍋爐設備之專責管理及保養維護，依照標準書作業，定期儀錶抄錄及自主檢查。內部技術面，蒸汽鍋爐操作人員，依法規定為專業鍋爐技術士考試合格者擔任。

因自主管理面遇到極限，為求提升更高環境保護效果，遂投資引進外部技術及設備，經專業工程師選定技術方法，效果與成本效益的最佳方案。

### 三、執行實施與設備安裝

設備設施工程負責單位提出具體設計規劃書、設計圖文、設備能力規範、材料清冊、工程實施品質管制計劃、工程安全計劃、工程進度計劃表、運轉管理計劃等。將其過程分項及步驟按進度進行，順利達成完工目標。

個案公司內部方案負責人對執行進度予以規劃掌握，將實施項目分割其步驟，依每步驟程序進度達成目標。執行實施過程，遵行設備安全規則、工業安全衛生規則等，使能有良好安全實施品質。



### 第三節、效益確認

#### 一、執行實施完成啟用

設備設施工程完成後運轉啟用前，完成設備運轉報告，同時對管理設備的負責單位人員，進行操作維護的教育訓練。

當環境保護投資之設備、設施完成啟用時，亦即環境保護投資成本效益當期(比較期)之起時，對環境資訊項目進行蒐集、統計、分析、保存。

方案負責人要對環境管理資訊作成月報表統計，以建立的基期之基線量化數據進行分析比較，逐月確認效益是否符合起初規劃，必要時需作參數調整等，在作分析比較時，一定要將基期與當期生產產量作相對比較。

表 3-3 H 廠能資源總統計表

H廠 能資源總統計表			
	年 總 計 值	蒸 水 汽 資 鍋 源 爐 量 用 (M <sup>3</sup> )	蒸 能 汽 源 鍋 量 爐 (KL 投 入)
基期	2012	64208.410	4318.689
	月平均	5350.701	359.891
當期	2013	59064.160	4037.342
	月平均	4922.013	336.445
	2014	58186.060	4163.307
	月平均	4848.838	346.942
	2015	63267.480	4118.525
	月平均	5272.290	343.210

資料來源：本研究整理

基期設定期為 2012 年，能源投入量 4318.689 KL。

當期設定期為 2013 年至 2015 年，三年年平均能源投入量年平均 4106.391 KL。

表 3-4 K 廠能資源總統計表

K廠 能資源總統計表			
	年 總 計 值	蒸 水 汽 資 鍋 源 爐 量 用 (M <sup>3</sup> )	蒸 能 汽 源 鍋 量 爐 (KM <sup>3</sup> 投 入)
基期	2013	103427.000	6543.889
	月平均	8618.917	545.324
當期	2014	100266.000	6801.401
	月平均	8355.500	566.783
	2015	108853.000	7347.455
	月平均	9071.083	612.288
	2016	107542.000	7256.083
	月平均	8961.833	604.674

資料來源：本研究整理

基期設定期為 2013 年，能源投入量 6543.889 KM<sup>3</sup>。

當期設定期為 2014 年至 2016 年，三年年平均能源投入量年平均 7134.980 KM<sup>3</sup>。

表 3-5 H 廠環境效益指標總統計表

	年 平 均 值	每 噸 產 投 品 入 能 源	環 境 衝 擊 指 標	環 境 負 荷 指 標	每環 單境 位效 能率 源指 投標 入	每排 單放 位環 能境 源效 二率 氧指 化標 碳
基期	2012	0.289	0.289	0.899	3.462	1.113
當期	2013	0.249	0.249	0.775	4.017	1.291
	2014	0.220	0.220	0.684	4.556	1.464
	2015	0.224	0.224	0.697	4.458	1.433

資料來源：本研究整理



H 廠基期設定為 2012 年基線，生產每單位產品需投入重油 0.289KL，環境衝擊指數 0.289，環境負荷指數 0.899，每單位能源投入環境效率指標 3.462，每單位能源溫室氣體排放環境效率指標 1.113

H 廠當期設定為 2013 年至 2015 年，三年平均生產每單位產品需投入重油 0.231KL，三年平均環境衝擊指數 0.231，三年平均環境負荷指數 0.719，三年平均每單位能源投入環境效率指標 4.344，三年平均每單位能源溫室氣體排放環境效率指標 1.396

表 3- 6 K 廠環境效益指標總統計表

	年 平 均 值	每 噸 產 投 品 入 能 源	環 境 衝 擊 指 標	環 境 負 荷 指 標	每環 單境 位效 能率 源指 投標 入	每排 單放 位環 能境 源效 二率 氧指 化標 碳
基期	2013	0.225	0.225	0.545	4.451	1.840
當期	2014	0.220	0.220	0.534	4.538	1.876
	2015	0.206	0.206	0.498	4.863	2.010
	2016	0.213	0.213	0.515	4.699	1.943

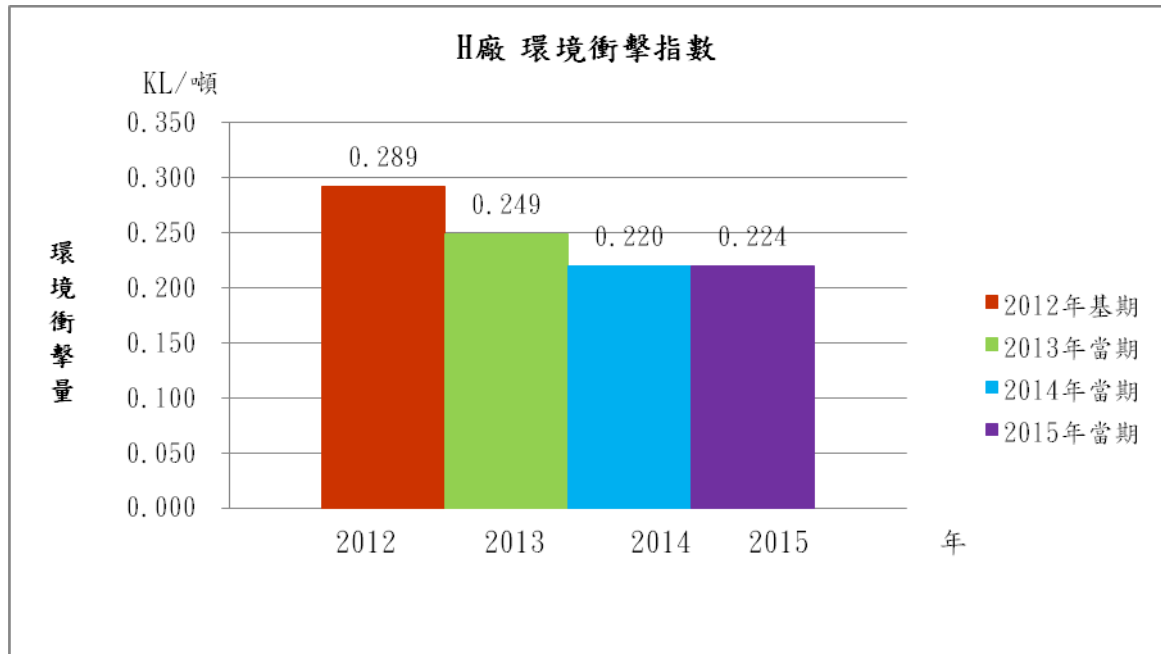
資料來源：本研究整理

K 廠基期設定為 2013 年基線，生產每單位產品需投入天然氣 0.225KM<sup>3</sup>，環境衝擊指數 0.225，環境負荷指數 0.545，每單位能源投入環境效率指標 4.451，每單位能源溫室氣體排放環境效率指標 1.840

K 廠當期設定為 2014 年至 2016 年，三年平均生產每單位產品需投入天然氣 0.213 KM<sup>3</sup>，三年平均環境衝擊指數 0.213，三年平均環境負荷指數 0.516，三年平均每單位能源投入環境效率指標 4.700，三年平均每單位能源溫室氣體排放環境效率指標 1.943

## 二、環境保護效益分析

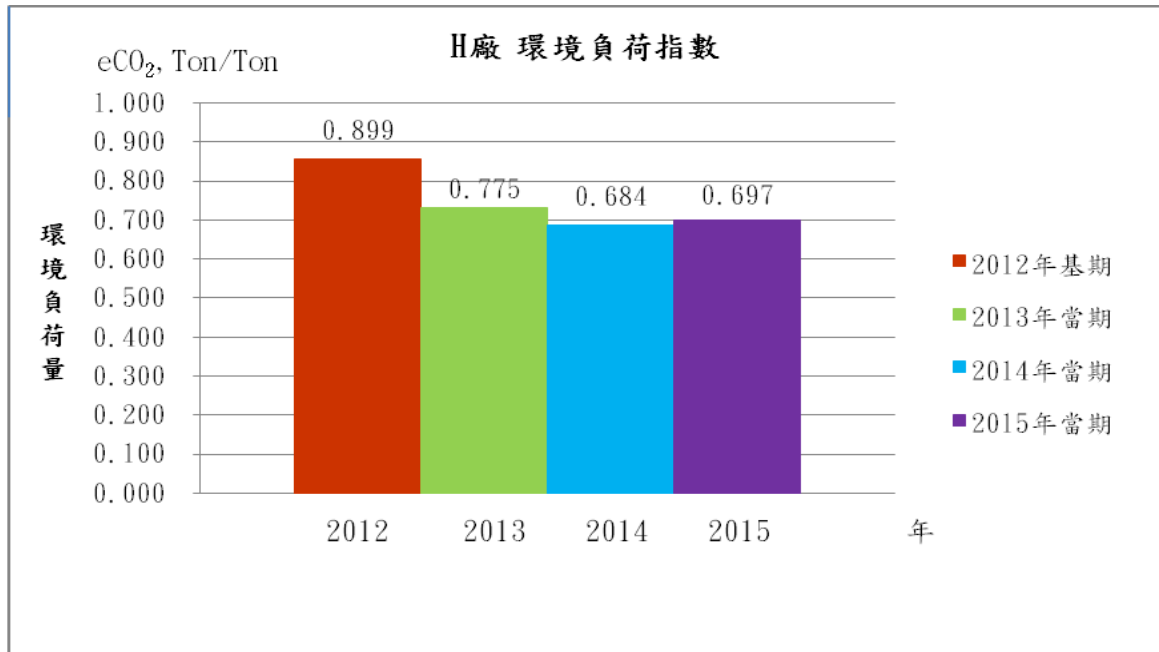
圖 3-2 H 廠基期與當期單位產品生產量環境衝擊指數差異



資料來源：本研究整理

基期平均生產每噸產品產量蒸汽鍋爐需投入能源 0.289KL/噸之環境衝擊指數。當期平均生產每噸產品產量蒸汽鍋爐需投入能源 0.231KL/噸之環境衝擊指數。投資環境保護設備後，降低能源投入量 20.07%，降低環境衝擊指數 20.07%。(圖 3-2)

圖 3- 3 H 廠基期與當期單位產品生產量環境負荷指數差異



資料來源：本研究整理

基期平均生產每噸產品產量使用蒸汽鍋爐能源造成的環境負荷指數

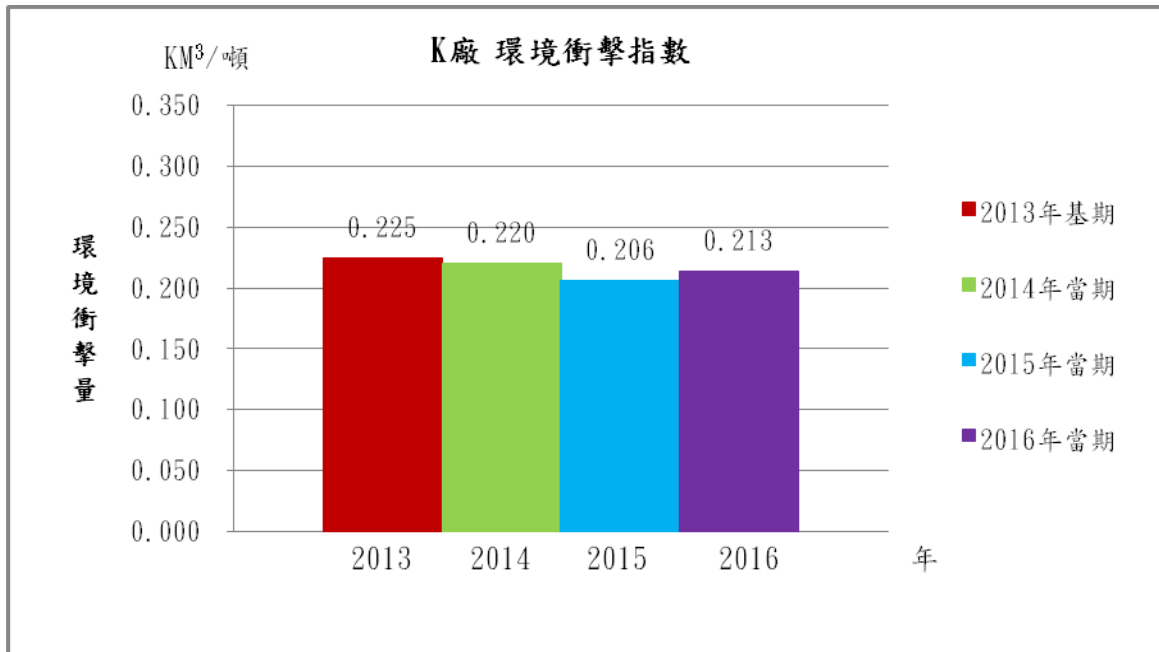
0.899 eCO<sub>2</sub>, Ton/Ton

當期平均生產每噸產品產量使用蒸汽鍋爐能源造成的環境負荷指數

0.719 eCO<sub>2</sub>, Ton/Ton

投資環境保護設備後降低環境負荷指數 20.02% (圖 3-3)

圖 3- 4 K 廠基期與當期單位產品生產量環境衝擊指數差異



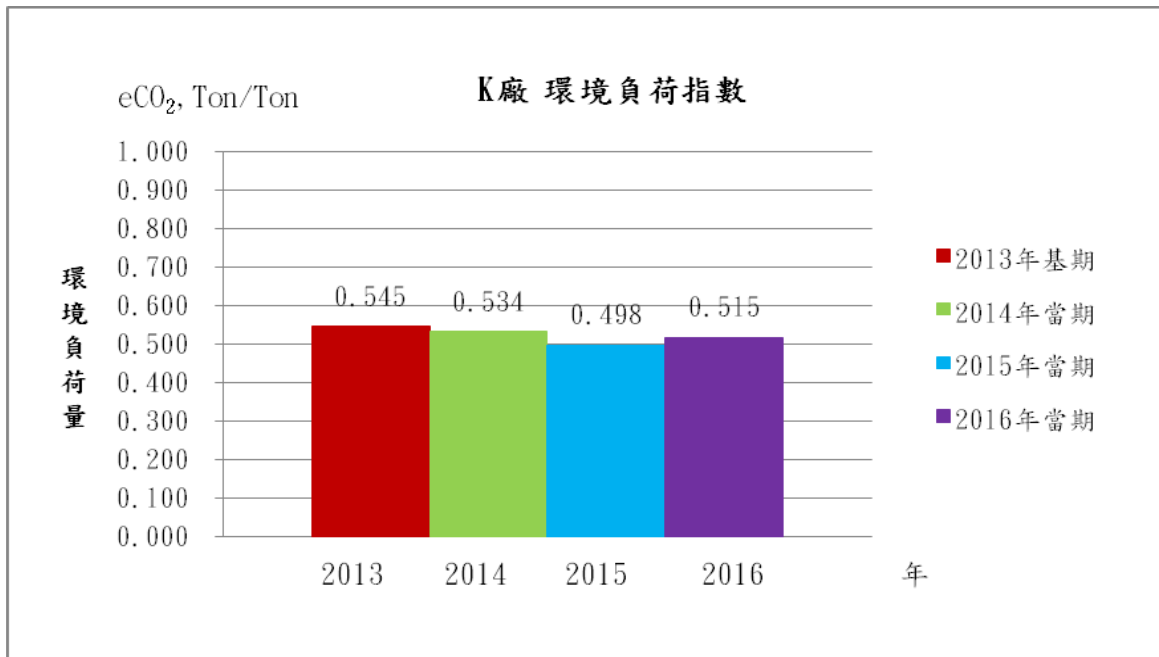
資料來源：本研究整理

基期平均生產每噸產品產量蒸汽鍋爐需投入能源  $0.225 \text{ KM}^3/\text{噸}$  之環境衝擊指數。

當期平均生產每噸產品產量蒸汽鍋爐需投入能源  $0.213 \text{ KM}^3/\text{噸}$  之環境衝擊指數。

投資環境保護設備後，降低能源投入量 5.63%，降低環境衝擊指數 5.63% (圖 3-4)。

圖 3-5 K 廠基期與當期單位產品生產量環境負荷指數差異



資料來源：本研究整理

基期平均生產每噸產品產量使用蒸汽鍋爐能源造成的環境負荷指數

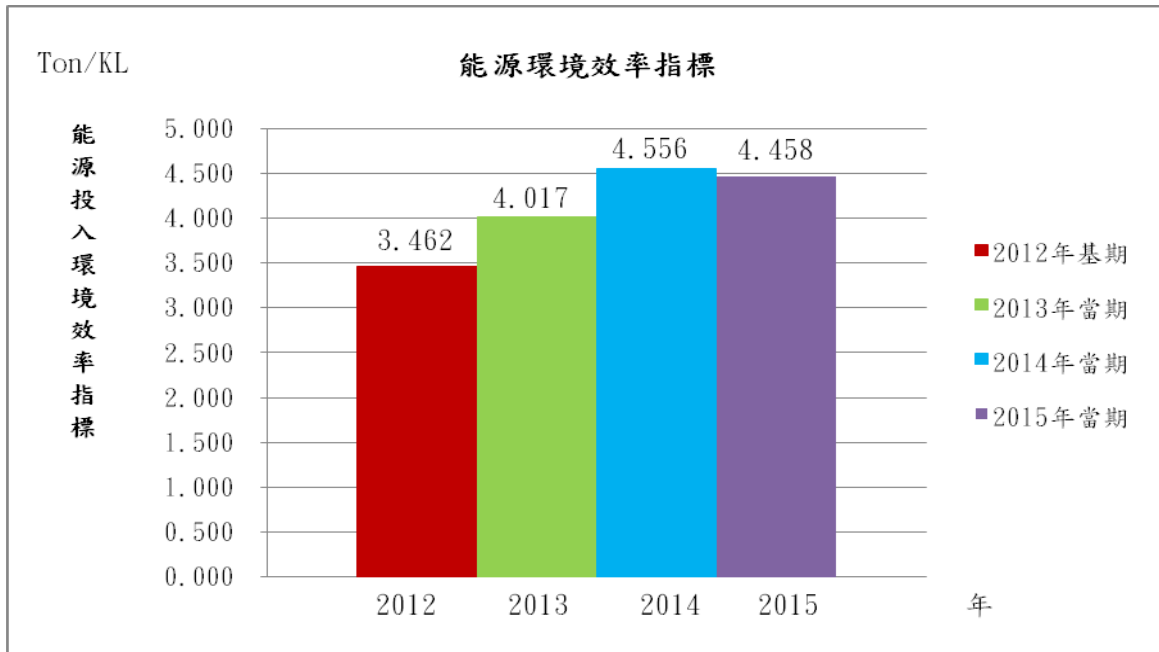
0.545 eCO<sub>2</sub>, Ton/Ton

當期平均生產每噸產品產量使用蒸汽鍋爐能源造成的環境負荷指數

0.516 eCO<sub>2</sub>, Ton/Ton

投資環境保護設備後降低環境負荷指數 5.62%(圖 3-5)

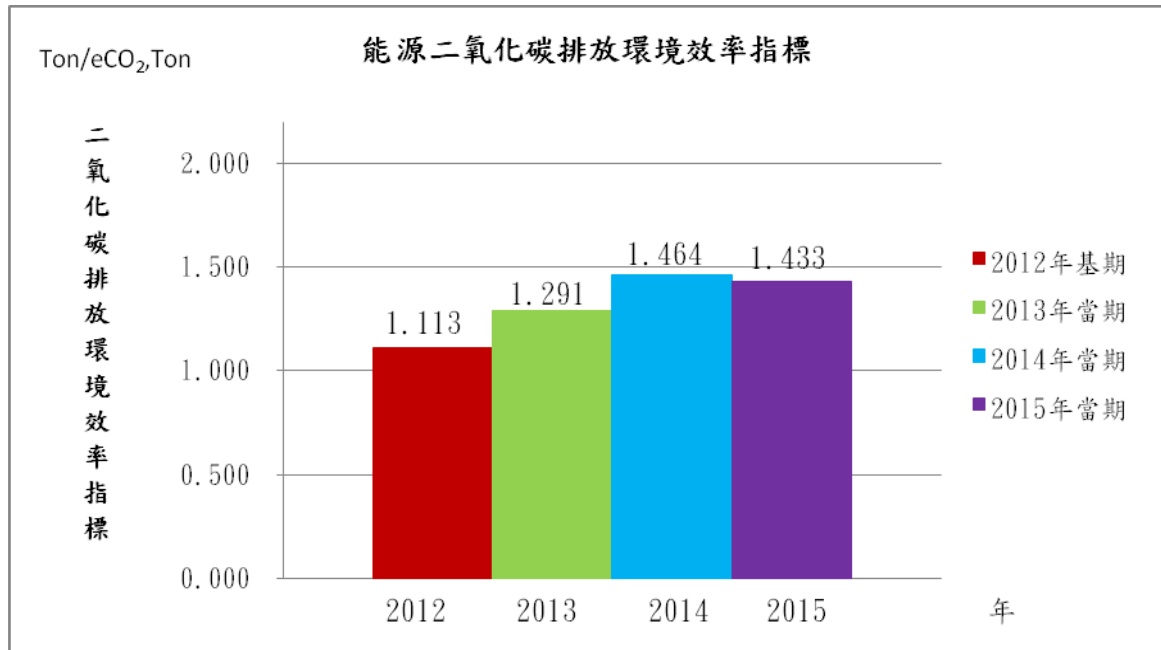
圖 3-6 H 廠基期與當期每單位能源投入生產量環境效率指標差異分析



資料來源：本研究整理

基期平均每單位(KL)能源投入，生產產品量 3.462Ton，能源環境效率指標 3.462  
當期平均每單位(KL)能源投入，生產產品量 4.344Ton，能源環境效率指標 4.344  
投資環境保護設備後，提升能源衝擊環境效率 25.48%

圖 3-7 H 廠基期與當期每單位能源二氧化碳排放環境效率指標差異分析



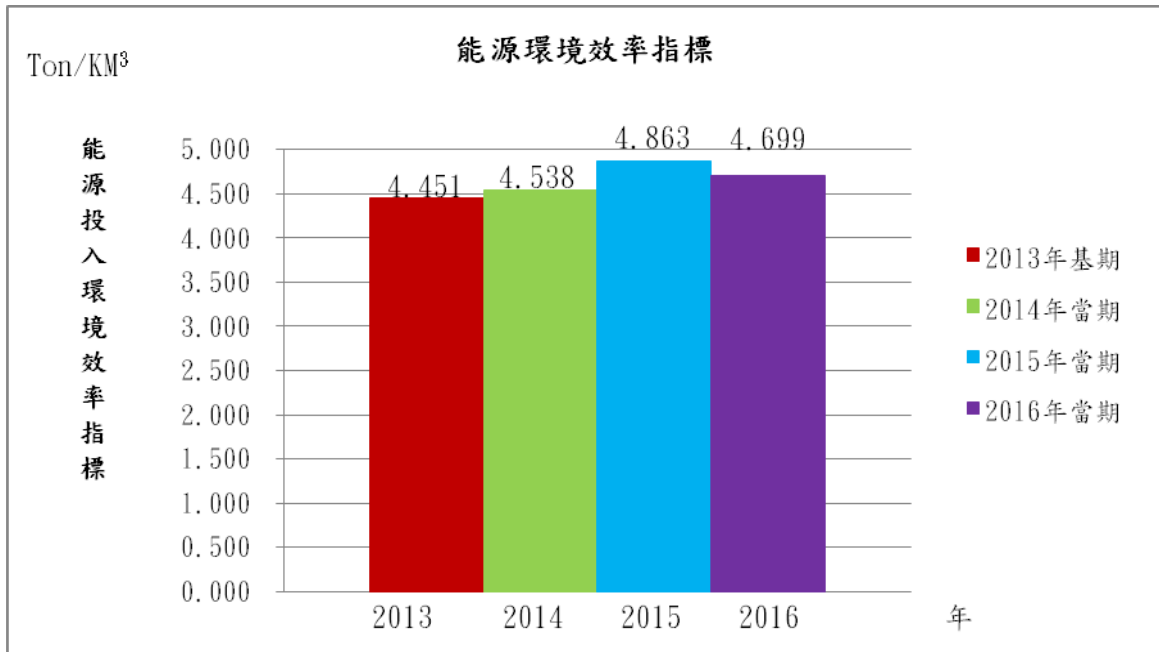
資料來源：本研究整理

基期平均每單位(Ton)二氧化碳排放，生產產品量 1.113 Ton，二氧化碳排放環境效率指標 1.113

當期平均每單位(Ton)二氧化碳排放，生產產品量 1.396 Ton，二氧化碳排放環境效率指標 1.396

投資環境保護設備後，提升能源二氧化碳負荷環境效率 25.43%

圖 3- 8 K 廠基期與當期每單位能源投入生產量環境效率指標差異分析



資料來源：本研究整理

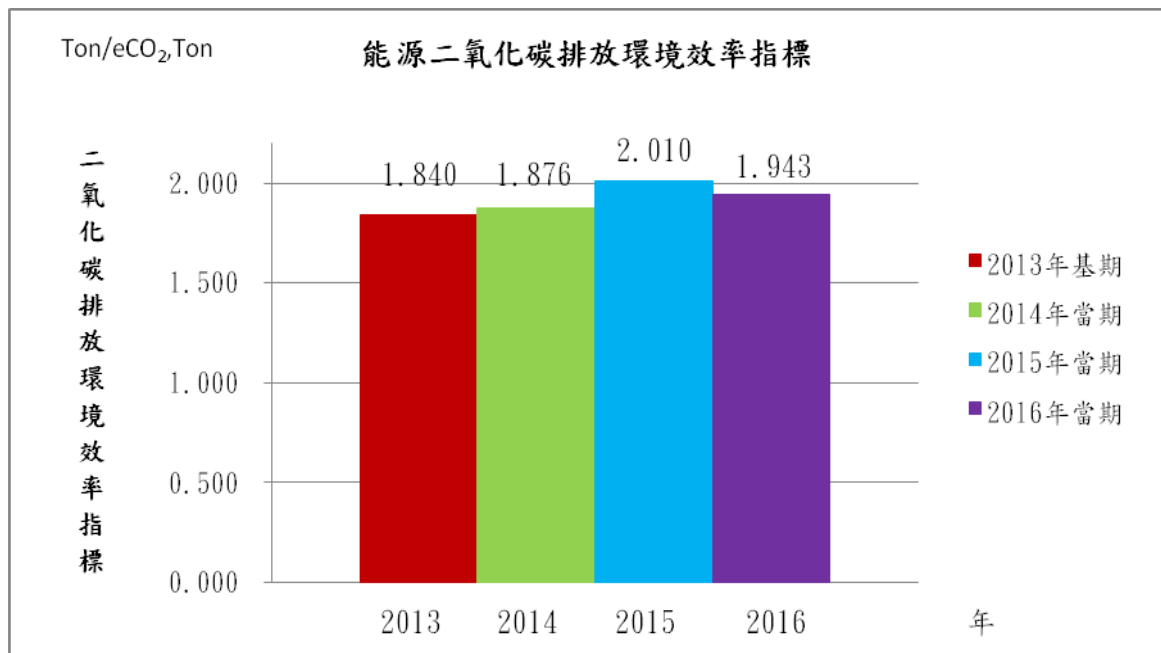
基期平均每單位(KM<sup>3</sup>)能源投入，生產產品量 4.454Ton，能源環境效率指標 4.454

當期平均每單位(KM<sup>3</sup>)能源投入，生產產品量 4.700Ton，能源環境效率指標 4.700

投資環境保護設備後，提升能源衝擊環境效率 5.52%



圖 3-9 K 廠基期與當期每單位能源二氧化碳排放環境效率指標差異分析



資料來源：本研究整理

基期平均每單位(Ton)二氧化碳排放，生產產品量 1.840Ton，二氧化碳排放環境效率指標 1.840

當期平均每單位(Ton)二氧化碳排放，生產產品量 1.943Ton，二氧化碳排放環境效率指標 1.943

投資環境保護設備後，提升能源二氧化碳負荷環境效率 5.60%

## 第四節、效益維持

個案公司設備工程執行實施完成後，對環境保護投資之設備設施或方法進行持續管理監督，是為效益持續維持必要工作，兩家個公司連續三年每單位產品生產量環境衝擊指標與環境負荷指標差異，證明效益維持越久，環境保護投資效益越大。(圖 3-2、3-3、3-4、3-5)

### 一、設備維護預算編列

環保設備設定效益產生十年，為使設備妥善，使用壽命達到預期年限，故需編列維護費用預算。人力、耗品、維修、保養、認證費、訓練費、檢查費、政府徵收費等經常支出，均可編列管理成本預算，作為設備設施的維護成本，以使設備設施妥善，持續提供效益。

有攸關性之人力、耗品、維修、保養經常成本、人力成本採用比率分攤，以投入管理專責人員每日 0.16 時計算。效能逐年遞減之耗材，十年更新二次，分攤十年計之。定期維護保養十年二十次，分攤十年計之。

H 廠預算編列如下：

人力成本採用比率分攤，以投入管理專責人員每日 0.16 時計算。

$625 \text{ 元/時} \times 0.16 \text{ 時/天} \times 365 \text{ 天/年} \times 10 \text{ 年} = 365000 \text{ 元/10 年}$ 。

效能逐年遞減之耗材，十年更新二次。

$227000 \text{ 元/次} \times 2 \text{ 次/10 年} = 454000 \text{ 元/10 年}$

定期維護保養十年二十次。

$10000 \text{ 元/次} \times 20 \text{ 次/10 年} = 200000 \text{ 元/10 年}$

K 廠預算編列如下：

人力成本採用比率分攤，以投入管理專責人員每日 0.16 時計算。

$625 \text{ 元/時} \times 0.16 \text{ 時/天} \times 365 \text{ 天/年} \times 10 \text{ 年} = 365000 \text{ 元/10 年}$ 。

效能逐年遞減之耗材，十年更新二次。

$357000 \text{ 元/次} \times 2 \text{ 次/10 年} = 714000 \text{ 元/10 年}$

定期維護保養十年二十次。

$10000 \text{ 元/次} \times 20 \text{ 次/10 年} = 200000 \text{ 元/10 年}$

## 二、執行品質監測與控制

生產產品製造程序之蒸汽鍋爐投入能資源的環境衝擊。個案公司均設有能源流量錶、水流量錶，專責人員每 2 小時實際抄錄計量器數據製作成日報表、月報表，以電子檔、紙本保存品質記錄。

環境管理資訊提供常來自儀器、計量器，為保證數據品質，必須定期檢查校正。另一方面人員的訓練與素養，亦是執行效益成功的重要環節，尤其工作任務交接時，應確實移交清楚。個案公司執行管理面，定期稽核實施符合情形。

## 三、效益維持與參數調控

環境保護設備設定效益產生十年，是故能預計未來的環境保護效益，通常列為資產者為設備設施工程項目，在設備設施維持妥善條件下，當然環境保護效益得以維持。效益期間會因企業營運、製程改造等因素需要作參數調整。

遇有下述情形，需作適當參數調整評估，(1)所設定的範圍內製造程序其中單元設備變動、更替。(2)製造程序變動(3)新式樣產品投入製造(4)燃料項目變更(5)鍋爐設備燃燒機效能變動(6)蒸汽鍋爐飼補水源變動。評估過程需作成說明文件，附於當期報告內，說明文件內容至少敘述緣由、設備規格及條件、原廠技術手冊建議、引用演算方法等。

雖然兩個案公司所設定當期期間與基期基線比較，均獲得顯注的環保效益及環保效果，研究期間適時對個案公司訪談，以瞭解不同年度同期資訊差異，綜合一致的趨勢變化歸類如下。(圖 3-10~圖 3-17)。

(1)當月的產品生產量越低，單位產品能源投入量越高，單位產品能源環境負荷越高，單位產品能源環境效率越低。

(2) 當月的產品生產量低於某生產量時，單位產品能源投入量較高。

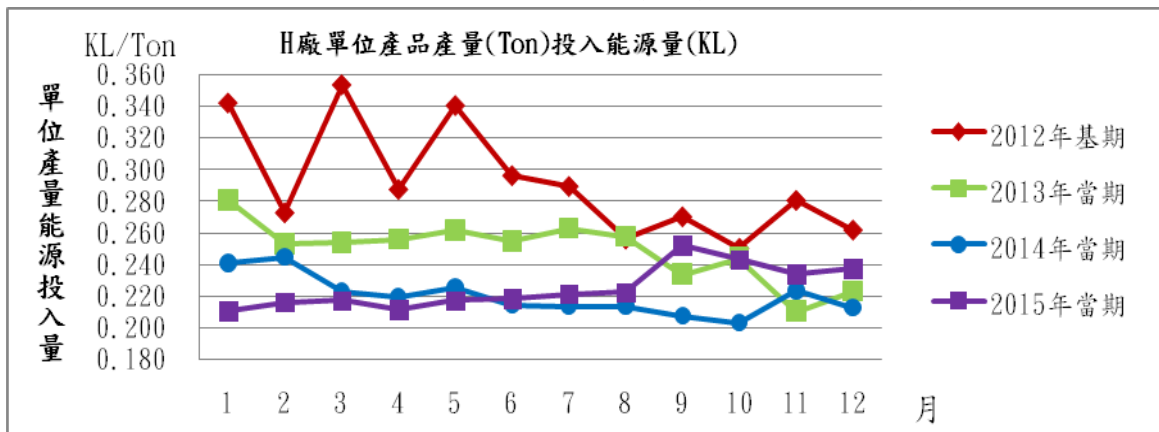
(3)當月的生產項目為某特定產品時，單位產品能源投入量升高。

(4)當月遇有基期基線盤查時，鍋爐即有附屬節煤設備損壞維修，單位產品能源投入量升高。

故持續維持所訂定環境保護效益指標，環境會計資訊應每日記錄按月統計後，相對企業活動製程活動量為參數，作逐月及跨期間同期比較差異分析，適時配合生產產品量與製造產品項目進行分析，及時掌握不同期間獨特性變化，加以說明解釋。

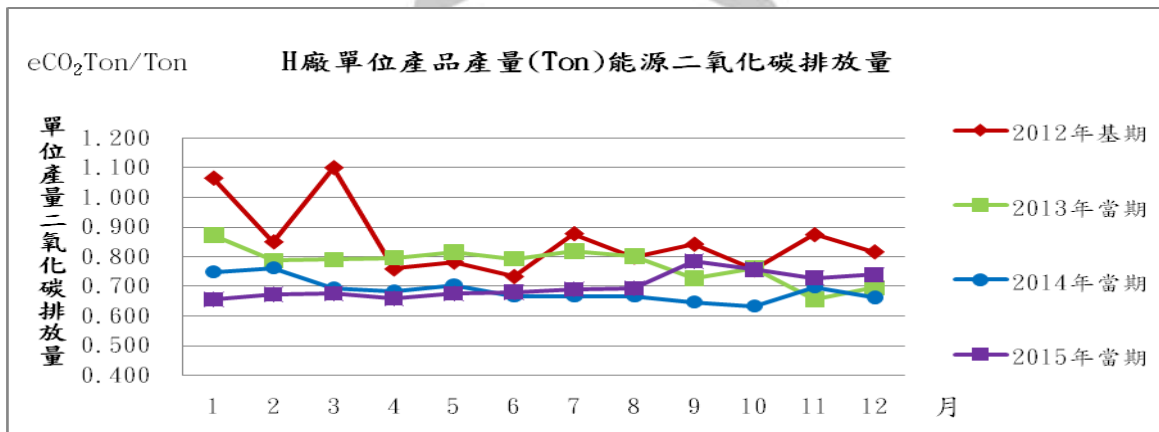


圖 3- 10 H 廠基期與當期單位產品產量(Ton) 投入能源量(KL)差異分析



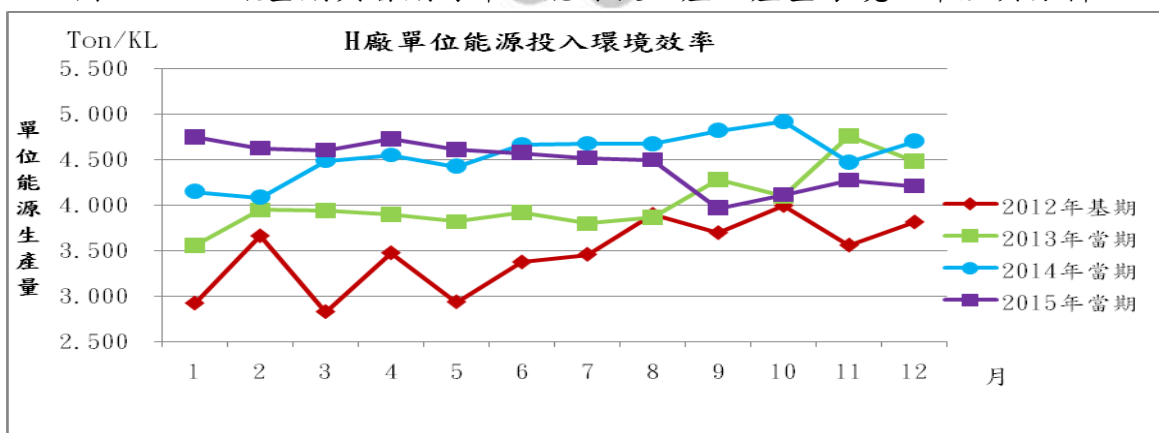
資料來源：本研究整理

圖 3- 11 H 廠基期與當期單位產品產量能源二氧化碳排放差異分析



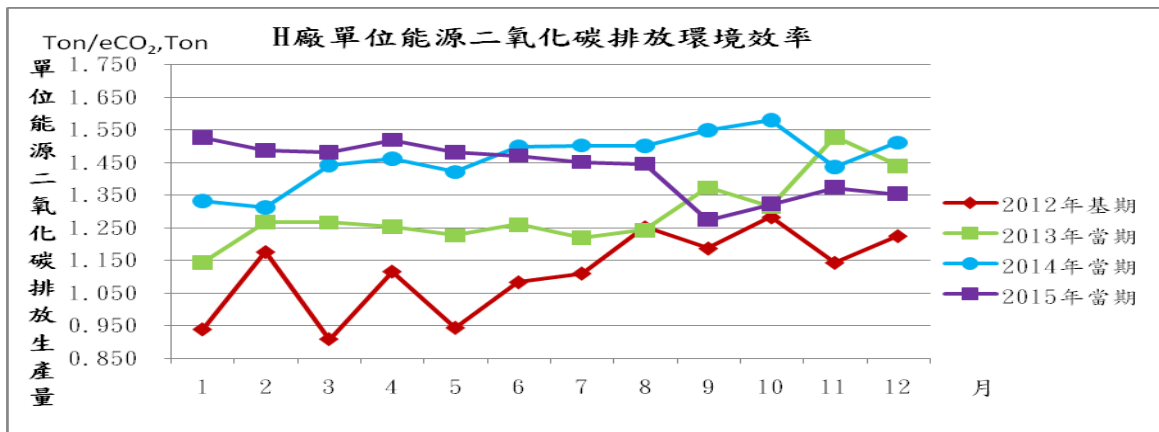
資料來源：本研究整理

圖 3- 12 H 廠基期與當期每單位能源投入產品產量環境效率差異分析



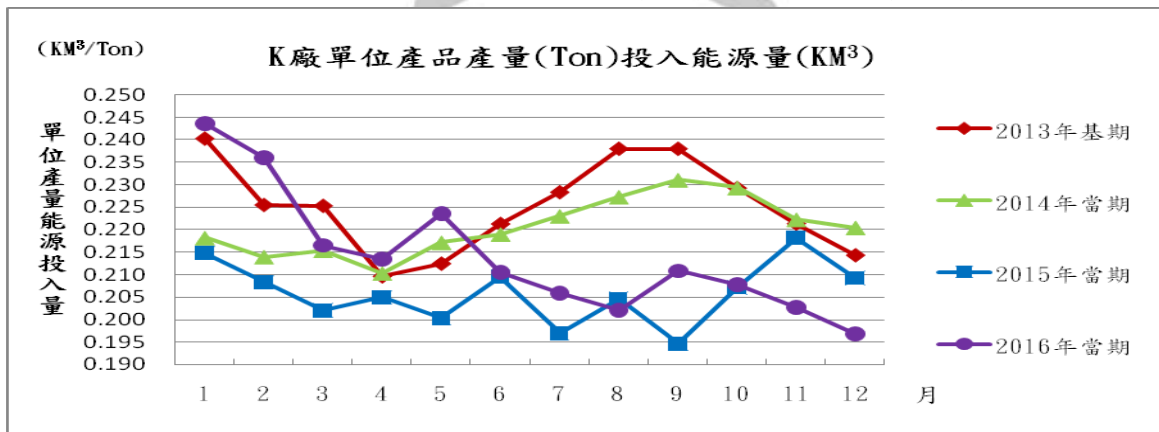
資料來源：本研究整理

圖 3-13 H 廠基期與當期每單位能源二氧化碳排放環境效率差異分析



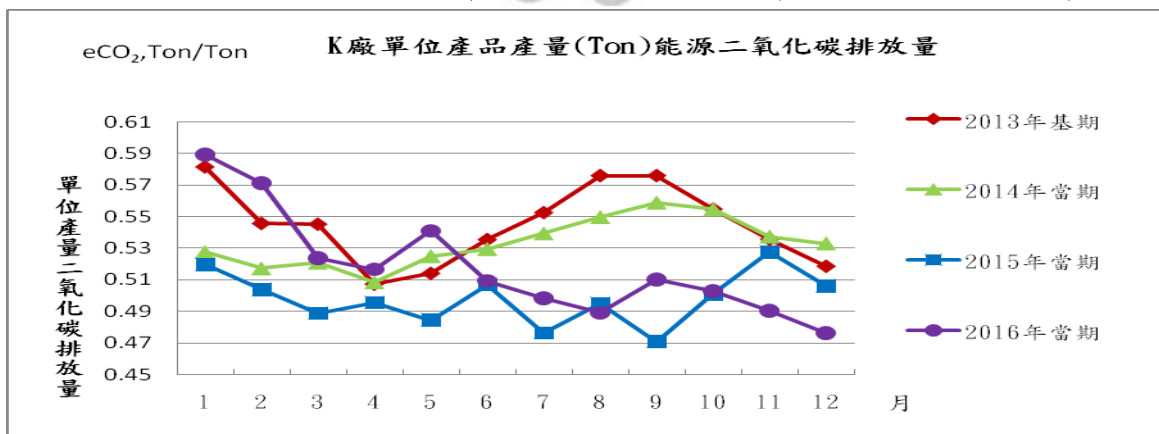
資料來源：本研究整理

圖 3-14 K 廠基期與當期單位產品產量(Ton)投入能源量(KM<sup>3</sup>)差異分析



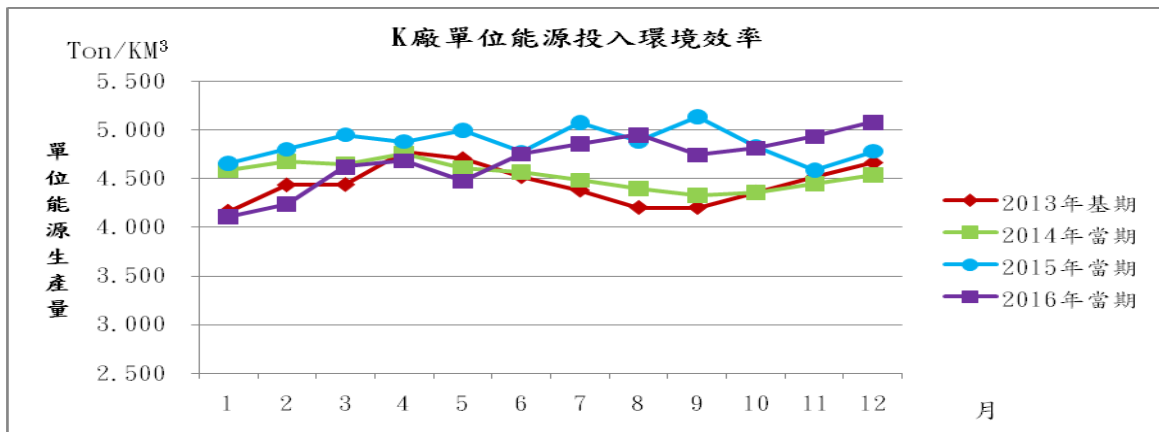
資料來源：本研究整理

圖 3-15 K 廠基期與當期單位產品產量能源二氧化碳排放差異分析



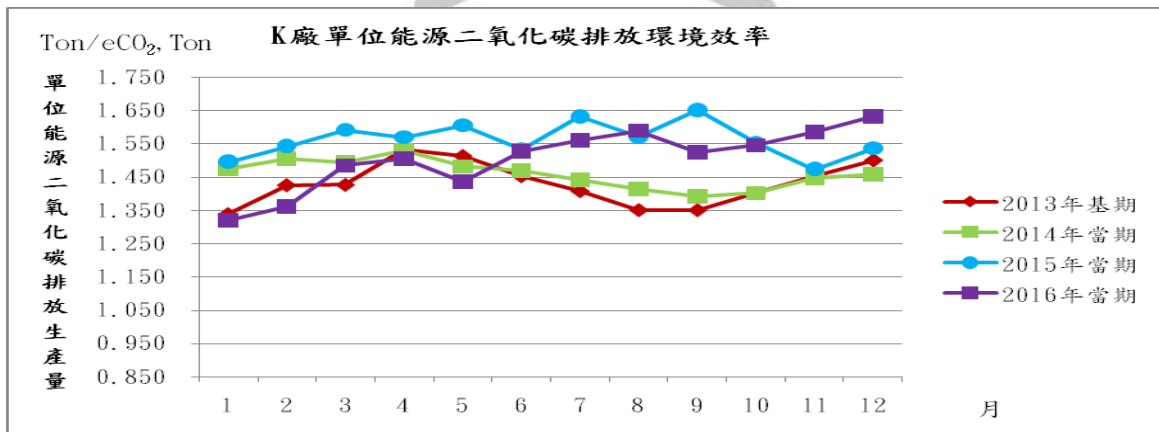
資料來源：本研究整理

圖 3-16 K 廠基期與當期每單位能源投入產品產量環境效率差異分析



資料來源：本研究整理

圖 3-17 K 廠基期與當期每單位能源二氧化碳排放環境效率差異分析



資料來源：本研究整理

## 第肆章、效益評估模式

經分析與衡量研究結果，環境保護投資後，其環保直接效益使環境衝擊指標及環境負荷指標下降，環境效率指標上升。因能資源使用效率提高後，相對企業活動量的能源採購費用節省，而有環保附帶效益產生。

有兩個重要結論，其一兩家工廠研究期間相對企業活動量條件下，應用提升能源效率技術方法，均可獲得一致的效益提升趨勢，證明技術方法有效。其二是經基期環境資訊建立基線後，個案公司在專案投資前的環境管理成果，可與同產業作比較。證明此環境保護投資與效益評估模式獲得可比較性、可驗證性結果，有助於揭露生產產品時環境衝擊影響強度，使生產者與消費者得選擇環境友善的經濟活動。

環境衝擊為造成環境質損的關鍵原因；即蒸汽鍋爐設備運轉投入重油或天然氣造成環境衝擊，使用過程產出溫室氣體二氧化碳排放量是為環境負荷，用來衡量環保直接效益，當能源的投入量越低，造成的環境衝擊與環境負荷越低，因此指數值越低越能有環保直接效益。

計入期間，依產業環境會計指引其環保效益應是持續一期以上，環境保護設備成本投資其設備記為資產，其資產折舊汰舊前應持續發揮設備效益，本個案研究設定效益計入期為十年。故 H 廠 2013 年起可為效益計入期間，K 廠 2014 年起可為效益計入期間。



## 第一節、環保直接效益

兩家個案公司 H 廠及 K 廠在環境保護成本投資後，與基期基線比較連續三個年度，獲得環保直接效益表。

表 4- 1 H 廠環保直接效益總統計表

計入期間(年)	2013	2014	2015
降低環境衝擊效益	648.3	1315.7	1184.7
之蒸汽鍋爐能源投入量(KL), (%)	15.01	30.47	27.43
降低環境負荷效益	2016.9	4093.1	3685.6
之蒸汽鍋爐能源二氧化碳排放量 (eCO <sub>2</sub> ,Ton), (%)	15.01	30.47	27.43
上升環境效率之每單位能源生產 產品量 (噸), (%)	0.566 16.52	1.087 31.40	0.991 28.63
上升環境效率之每單位能源二氧 化碳排放生產產品量(噸), (%)	0.181 16.25	0.384 31.24	0.317 28.46

資料來源：本研究整理

表 4- 2 K 廠環保直接效益總統計表

計入期間(年)	2014	2015	2016
降低環境衝擊效益	134.3	681.8	405.7
之蒸汽鍋爐能源投入量(KL), (%)	2.06	10.42	6.20
降低環境負荷效益	324.9	1649.3	981.4
之蒸汽鍋爐能源二氧化碳排放量 (eCO <sub>2</sub> ,Ton), (%)	2.06	10.42	6.20
上升環境效率之每單位能源生產 產品量 (噸), (%)	0.091 2.05	0.416 9.36	0.240 5.40
上升環境效率之每單位能源二氧 化碳排放生產產品量(噸), (%)	0.029 2.03	0.134 9.30	0.077 5.39

資料來源：本研究整理

## 第二節、環境成本效益

不同期間分析比較環境會計指標，可容易瞭解企業環保活動的進展，內部管理上利用環境會計指標，作為環保目標管理，企業亦可依需求自行組合產生其他指標(指引)。

因未能取得個案企業營運總成本，故未列成本比重指標，謹就設定範圍提升蒸汽鍋爐能資源效率之環境保護投資成本來分析投資前後環境會計指標之變化。本個案經基期、當期數據蒐集分析、鑑別、統計後，獲得成本效益指標、環境衝擊指標、環境負荷指標、環境效率指標四項。

成本效益，投資每單位的環保成本，可獲得環保直接效益及環保附帶效益。環境保護成本表(表 4-3，表 4-4)，環保成本效益總統計表(表 4-5，表 4-6)。由表 4-5 及表 4-6 生產產品量之環保成本效益得知，K 廠每壹萬元的環保成本效益，2014 年高於 H 廠 34.6%，2015 年高於 60.7%，證明產品生產量越高時，環保投資後的成本效益越高。

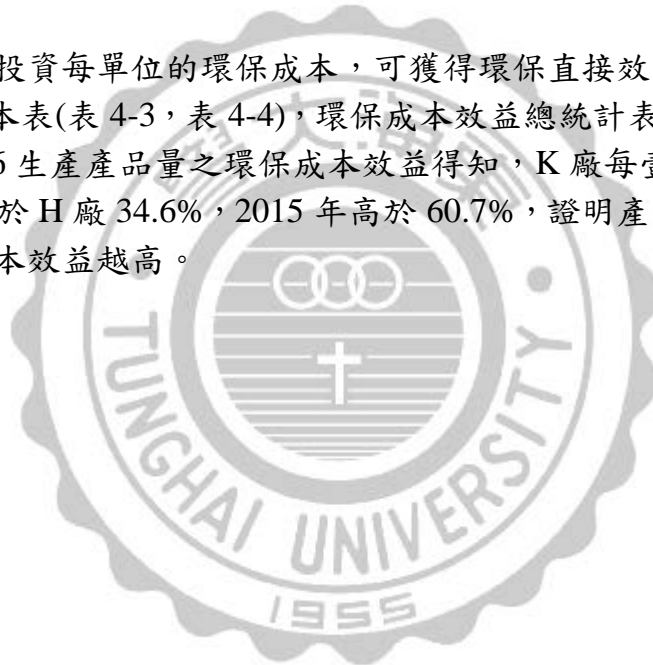


表 4-3 H 廠環境保護成本表

大類	分類	資本(元)	經常支出(元)
營運成本	全球性環境保護成本 設備投資	3,100,000	
管理成本	定期耗品更新(十年期)		454,000
	定期維護保養(十年期)		200,000
	管理人力(十年期)		365,000
合計		3,100,000	1,019,000
總成本		4,119,000	
分十年攤提	每年成本	411,900	

資料來源：本研究整理

本案分類及項目環保效益計入期設定十年，假定固定設備資本之設備折舊攤提十年，設備適正運轉期間需要耗品、保養、人力為管理成本預算，則成本將其分十年攤提，拆分每年度成本 411,900 元。

表 4-4 K 廠環境保護成本表

大類	分類	資本(元)	經常支出(元)
營運成本	全球性環境保護成本 設備投資	3,700,000	
管理成本	定期耗品更新(十年期)		714,000
	定期維護保養(十年期)		200,000
	管理人力(十年期)		365,000
合計		3,700,000	1,279,000
總成本		4,979,000	
分十年攤提	每年成本	497,900	

資料來源：本研究整理

本案分類及項目環保效益計入期設定十年，假定固定設備資本之設備折舊攤提十年，設備適正運轉期間需要耗品、保養、人力為管理成本預算，則成本將其分十年攤提，拆分每年度成本 497,900 元。

表 4- 5 H 廠環保成本效益總統計表

H 廠環保成本效益表			
計入期間 (年)	降低環境衝擊/ 成本效益， (KL)/萬元	降低環境負荷/ 成本效益， (eCO <sub>2</sub> ,Ton)/萬元	生產產品量/ 成本效益， (噸)/萬元
2013	15.7	49.0	393.8
2014	31.9	99.4	460.5
2015	28.8	89.5	445.8

資料來源：本研究整理

表 4- 6 K 廠環保成本效益總統計表

K 廠環保成本效益表			
計入期間 (年)	降低環境衝擊/ 成本效益， (KM <sup>3</sup> )/萬元	降低環境負荷/ 成本效益， (eCO <sub>2</sub> ,Ton)/萬元	生產產品量/ 成本效益， (噸)/萬元
2014	2.7	6.5	619.9
2015	13.7	33.1	717.6
2016	8.1	19.7	684.8

資料來源：本研究整理

### 第三節、環保附帶效益分析

環保附帶效益為企業因環境保護活動而衍生之收入或費用的節省，以貨幣單位呈現。費用的節省比照環保直接效益的計算方式，採用基期與當期費用的差額(指引)。

計入期間，依產業環境會計指引，其環保效益應是持續會計期間一期以上。環境保護設備投資成本，其設備記為資產，其折舊汰舊前應有繼續之效益。當效益一期以上，且效益持續獲得時可設定為效益計入期間，本研究設定固定計入期為十年。故 H 廠 2013 年起可為效益計入期間，K 廠 2014 年起可為效益計入期間。

本研究為減少能源投入所節省的費用，因提升蒸汽鍋爐能資源效率，使能源投入量減少，因而有費用的節省。



表 4- 7 H 廠環保附帶效益表

H 廠 環保附帶效益表		
計入期間 (年)	節省每年蒸汽鍋爐能源費用(萬元/ 年),(%)	環保附帶效益成本效益比
2013	778.0 15.0%	18.9
2014	1578.8 30.47%	38.3
2015	1421.6 27.43%	34.5

資料來源：本研究整理

表 4- 8 K 廠 環保附帶效益表

K 廠 環保附帶效益		
計入期間 (年)	節省每年蒸汽鍋爐能源費用(萬元/ 年),(%)	環保附帶效益成本效益比
2014	161.1 2.06%	3.2
2015	818.2 10.42%	16.4
2016	486.8 6.20%	9.8

資料來源：本研究整理

註 1.H 廠重油每 KL 費用：12000 元

註 2.K 廠天然氣每 KM<sup>3</sup>費用：12000 元

## 第五章、結論與建議

### 第一節、研究結論與發現

本個案研究提出環境保護投資引進模式，應用提升蒸汽鍋爐能源效率技術方法，比較兩家股票上市公司，製造相同產品、相同製程，同樣利用提升能源效率技術方法的環保設備投資，作同一產業不同企業相同年數的比較，同一企業不同年度的比較。有兩個研究結論，一個重要發現。

本研究提出二個個案公司製造工廠，製程設備蒸汽鍋爐提升能源效率，以此技術方法實績作為個案研究，數據蒐集時間連續四年，可證明其環境保護成本支出對其環保直接效益與環保附加效益之實證結果。

#### 一、研究結論

其一經分析與衡量所得結果，環境保護成本投資後，其環保直接效益使環境衝擊指標及環境負荷指標下降，環境效率指標上升，獲得可驗證性結果，且證明應用技術方法有效。

其二兩家公司研究期間相對企業活動量，環保直接效益及環保附帶效益均可獲得一致的效益提升趨勢。其附帶效益將帶來固定成本的低減，帶來財務構面效益，證明投資成本有效。

證明此提升能源效率之投資引進模式與效益評估模式獲得可比較性結果。有助於揭露生產產品時環境衝擊影響強度，使生產者與消費者得選擇環境友善的經濟活動。

#### 二、研究發現

研究發現，經基期環境資訊建立基線，個案公司 K 廠在專案投資前的環境管理成果，環保角度分析較 H 廠具有優勢。但在環境保護投資引進同為以第三年後，重新設定基期基線，兩個案公司差距大幅縮小。

本研究個案之兩家公司所獲得一致趨勢的環保直接效益及附帶效益，但效益強度不同，以環保角度分析競爭之優勢，雖 H 廠作環境保護設備投資後效益比均高於 K 廠，但 K 廠在專案投資之前，已顯示生產產品環境衝擊、環境負荷低於 H 廠，由兩家工廠所建立之基期環境會計資訊基線便可證明。

重新設定基期基線，經提升能源效率之投資引進模式，應用提升蒸汽鍋爐能源效率技術方法，在引進後同為第三年時，重新設定基期基線，就所定訂的環境指標，發現兩個案公司差距大幅縮小。

由兩家公司所建立之基期基線環境資訊證明，K 廠在基期生產每單位產品的環境衝擊低於 H 廠 28.44 %，環境負荷低於 H 廠 64.95 %，能源環境效率高於 H 廠 28.57 %，二氧化碳環境效率高於 H 廠 65.32 %。由環保附帶貨幣效益，K 廠單就每單位產品生產能源燃料耗用量低於 H 廠 28.44 %。

在引進後同為第三年時，重新設定基期基線，K 廠生產每單位產品的環境衝擊低於 H 廠 5.16 %，環境負荷低於 H 廠 35.34 %，能源環境效率高於 H 廠 5.41 %，二氧化碳環境效率高於 H 廠 35.59 %。而環保附帶貨幣效益而言，K 廠每單位產品生產能源燃料耗用量低於 H 廠 5.16 %。

重新設定基期基線後，K 廠與 H 廠比較指標縮小幅距差，環境衝擊 81.86 %，環境負荷 45.59 %，能源環境效率 81.06 %，二氧化碳環境效率 45.50 %。

環境衝擊與環境負荷指標越低環境污染越低，能源環境效率越高環境污染越低。K 廠在基期環境負荷基線顯著低於 H 廠 64.95 % 之遙，乃 K 廠於基期設定期之前，已改用清淨能源天然氣作為能源燃料，是故溫室氣體二氧化碳排放量隨之降低。因此在重新設定基線後，縮小幅距較少，證明產業選用低污染的能源，對全球性環境保護與環境友善有助益。



## 第二節、建議

企業營運營業活動必是多個部門、多個製造流程、多個製程設備串聯，全部加總起來的環境會計資訊最為有函蓋性及可靠性。在產業環境會計指引架構下，公私部門及大小規模產業可參照應用建置環境會計資訊。

企業可以自發性依組織規模及重大環境衝擊標的，設定組織邊界範圍及基期、當期期間，便能瞭解組織內部對環境保護投資與降低環境衝擊效益及成果的進展。藉由分析趨勢變化，以及未來的效益預測，進一步瞭解環境保護成本影響產品成本結構比重，及對產品開發、綠色製程、環境友善等企業活動決策與管理。

後續研究建議，研究期間適時對個案公司追蹤方案執行情形，確保效益與品質維持。本研究期間未及獲得研究結果，留作後續研究建議如下。

### 一、環境效率與生產量最適規模；以蒸汽鍋爐設備為例

當月的產品生產量越低，單位產品能源投入量越高，單位產品能源環境負荷越高，單位產品能源環境效率越低。逐月記錄統計分析產品生產量與能源投入量，進一步發現產品生產量低於或高於某一範圍，單位產品能源投入量會有較高的趨向，研判在某一生產規模時，產品生產量與環境效率會達到最有效率的生產。

### 二、環保成本與生產量邊際效益；以蒸汽鍋爐設備為例

另外發現，由表 4-5 及表 4-6 生產產品量之環保成本效益得知，K 廠每壹萬元的環保成本效益，2014 年高於 H 廠 34.6%，2015 年高於 60.7%，證明產品生產量越高時，環保投資後的成本效益越高。

## 參考文獻

1. 行政院環境保護署統計室，2008，產業環境會計指引，台北：行政院環境保護署。
2. 行政院環境保護署，2011，中華民國第二版國家通訊，台北：行政院環境保護署。
3. 李素琴，2009，綠色會計模式的實驗性設計與建置，國立臺灣大學財務金融學研究所碩士論文。
4. 林建三，1997，環境保護概論，台北：鼎茂圖書。
5. 胡憲倫、郭建宏、黃泓維、黃慶耀，2015，從環境會計到永續會計－企業應謹慎回應的永續新趨勢，永續產業發展季刊，第73期（12月）：7-9。
6. 胡憲倫，2000，二十一世紀企業經營的新思維，環境管理研究期刊，第一卷第一期，49-77。
7. 張錦松、黃政賢，2003，環境工程概論，台北：高立圖書。
8. 張清溪、許嘉棟、劉鶯釗、吳聰敏，2007，經濟學，台北：翰蘆圖書。
9. 張巧菱，2009，產業環境會計模式設計與建置-以某電子大廠為例，國立臺灣大學商學研究所碩士論文。
10. 經濟部能源局，2011，中華民國節約能源要覽，台北：工業技術研究院綠能與環境研究所。
11. 經濟部工業局產業資訊網 <http://proj.ftis.org.tw>
12. 經濟部工業局產業永續發展整合資訊網 <https://proj.ftis.org.tw/isdn/>

13. 蘇漢邦、陳冠彰，2016，我國應對巴黎協定之綠色金融推動發展策略，永續產業發展季刊，第 75 期（6 月）：43-44。

