

ISO 50001 能源管理與能源績效指標

撰文：BSI 英國標準協會

林信作 產品經理

立法院於今年 6 月 15 日通過《溫室氣體減量及管理法》，明定台灣在 2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年 50%以下，環保署將參考《聯合國氣候變化綱要公約》等相關國際公約實施溫室氣體總量管制及排放交易制度。此意味著所有排放溫室氣體的產業都需被階段性納入管制；企業要從經營策略出發、思考如何建立能源績效指標以呈現公司能源管理的績效並達成溫減法的要求。

ISO 組織於 2011 年 6 月 15 日正式公布 ISO 50001 能源管理系統(Energy Management Systems-Requirements with guidance for use, EnMS)標準，標準要求組織要建立能源績效指標(Energy Performance Indicator- EnPI)及能源基線(Energy Baseline-EB)，EnPI 及 EB 為兩項相互關連之關鍵概念，ISOTC 242 技術委員會建立此領域之系列標準，增訂規範要求或提供指引以協助組織及認、驗證機構做為建立或實施之遵循或參考，提供企業對於建立、使用及維持能源基線，以及利用能源績效指標量化能源績效及其變化，期待透過這兩份指導綱要能呈現組織能源的績效並符合能源管理系統標準的要求。

其中 ISO 50006：2014 能源管理系統—應用能源基線及能源績效指標測量能源績效—通用原則和指南，此標準旨在協助組織在推行 ISO 50001 能源管理系統時更了解能源基線及能源績效指標所要求之內容，此標準讓能管推動人員更了解如何滿足 ISO 50001 能源基線及能源績效指標的要求及管理能源績效時提供實用的指導。其關係式如圖 1：

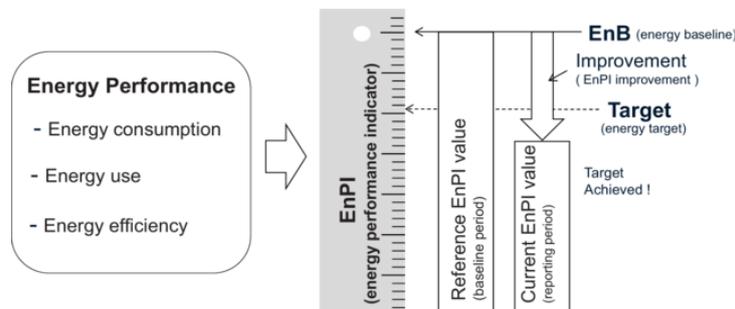


圖 1 - 能源績效、能源績效指標及能源基線的關係圖

為了建立共通之原則及指引以量測及查證組織能源績效，於 2014 年 12 月 15 日公告 ISO 50015 (Energy management systems–Measurement and verification of energy performance of organizations–General principles and guidance 能源管理系統–組織能源績效之量測及查證之一般原則及指引)，此標準適用於各種規模之組織及使用任何方法之量測及驗證。而本文旨在說明 ISO 50006 指導綱要如何應用在 ISO 50001 能源管理系統要求。

一、進行能源審查以取得能源績效資訊並了解整體能源消耗狀態

如 ISO 50001 標準的要求：組織應發展、紀錄與維持能源審查。用於發展能源審查的方法學及準則應加以文件化，能源審查的流程如圖 2 所示。能源審查的品質由所收集的數據的可用性、質量和分析的影響。其出發點是可用的數據，以作為該組織獲得能源數據管理更多的經驗，能源審查可以改善基於能源數據分析決策並藉之以發展組織的 EnPI 及 EnBs 以評估其能源績效。



圖 2 – 進行能源審查以了解整體能源消耗狀態

1. 定義能源績效指標的邊界:

為了精確地量測並展現組織能源績效，能源績效指標(EnPI)要清楚加以定義以避免邊界可能重疊或遺漏；一般來說，邊界可能考慮:

- 整體能源管理系統(EnMS) 邊界
- 邊界內的重大的能源使用(SEUs): 控制上要考慮優先順序化並持續改善
- 有重大能耗的相關權責單位
- 特定的設施設備流程及組織希望加以區隔或單獨管理的次流程
- 任何其他方式- 管理階層認為可以協助提昇其管理層次

一般可以分成三個主要的邊界特徵類型，包括物理邊界、系統相關邊界及組織邊界如表 1。

EnPI 類型	說明	備註
實體邊界	這一共同邊界類型通常涉及在其中的能源使用進行測量設施的建築物或實體邊界。例如：一種產品可以在一個工廠製造並運到另一地點進行組裝、包裝或分裝。在這種情況下，而不是只限於一個地點使用能源，可能要追蹤所有能源使用設備的組件生產到最終產品的組裝和銷售。	容易鑑別 聯結電表或能源賬單資訊

<p>系統相關</p>	<p>組織可能集中在該單一系統，可能重大能耗的設施設備。</p>	<p>一系統可能包含數個設施設備，例如水泥廠的窯或商業大樓的中央空調系統</p>
<p>組織邊界</p>	<p>通常運用於組織被法規或商業相關(如客戶)要求報告其能源績效。例如：大公司可以定義圍繞著生產一個普通產品業務部門的邊界，瓶裝公司的全球工廠可能包括所有的產品線的範圍。</p>	<p>此邊界可以建立在周圍的不同的設施設備、區域或營運單元。</p> <p>當所有營運單位的能源特性相同時，可能或有同樣的EnPI。</p> <p>組織可能需要整合大量的數據以決定全公司單一的EnPI</p>

表 1 – 三種能源績效指標的邊界

2. 定義並量化能源的來源

能源可以包括、但不限於如：電、天然氣、燃料油、丙烷、太陽能、風能和回收廢能等。在一些組織中，它可以包括外部供給能量來源，如壓縮空氣、冷凍或熱水和熱蒸汽。能源鑑別可以通過對現有記錄的審查來達成（如公用事業賬單、燃料送貨單、採購記錄等）。這是很好的做法，檢查能源流和最終用途，以確保所有的能源被鑑別，這些結果構成能源審查輸入的基礎。

如圖 3 為中鋼公司一貫作業煉鋼廠從原料到鋼品的生產流程，過程中所需能源密集度極高，在生產過程中伴隨產出大量之副生能源(可再燃燒利用)及廢熱能源(可再回收利用)。

定義並量化能源的來源以作為能源審查輸入的基礎資訊並鑑別重大能源使用(SEU) 依據評估準則決定重大能源使用設備，再鑑別重大能源使用設備之操作人員，以排列改善能源績效之順序。

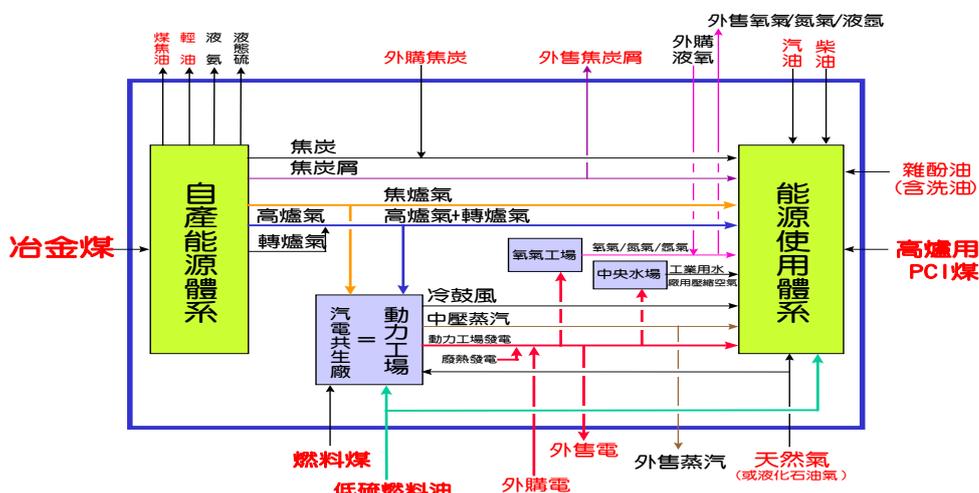


圖 3 –鋼鐵廠能源使用及能源流向圖

3. 定義並量化相關能源變數

相關能源變數會影響設施能源消耗量，如天氣條件、生產和生產或操作時間。設施的能源消耗受到天氣的影響；取得當地氣象資料，是否適合在能源績效測定使用是很有挑戰性的。共同的困難包括尋找附近氣象站測量位置，能源相關的設施數據氣象測量的頻率，並找到合適的天氣類型指標。對於後者，常用的選項包括熱度日 (HDD)、冷度日 (CDD)、溫度、濕度或風速、風向等，如圖 4 –能源消耗與能源變數關係式。

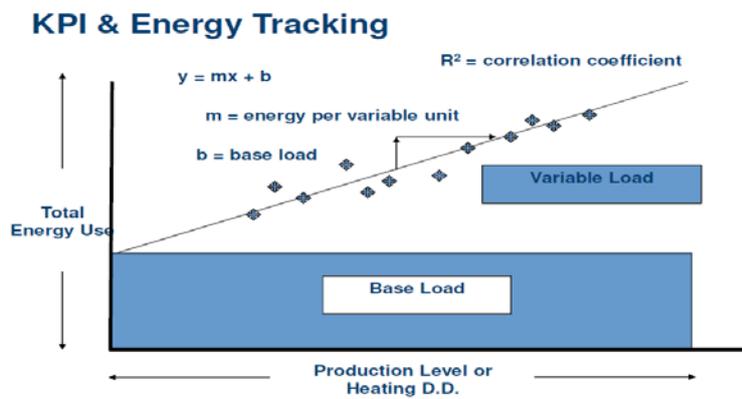


圖 4 –能源消耗與能源變數關係式

4. 定義並量化靜態因子

相關變數會影響能源績效，所以要加以分析以判斷是否屬於常規性變更的相關變數或非常規性變更的靜態因子。例如：

靜態因子	說明	靜態因子變成相關變數的條件
產品類型	工廠生產特定產品	工廠引入了一個新的產品和/或生產組合的變化
輪班	工廠調整為一日多個輪班工作	輪班增減
出租率	大樓出租率	承租戶變動
樓板面積	建築物規模	大樓擴大或減少規模會影響能源使用/消耗

可能影響重大能耗 SEU (優先考慮在相同的時間週期的能耗數據) 的因素，包括以下內容：

- 天氣: 如加熱和冷卻度日；
- 生產: 如速度、產品結構、品質、返工或輸出；
- 過程參數: 如環境溫度、冷卻水溫度設定點、蒸汽溫度；
- 物質流、性質和特徵 (包括原材料)；
- 建築物入住率；
- 日光可用性(日照率)和環境光線亮度；
- 操作時間；
- 活動程度 (如工作量、佔有率)；
- 距離: 旅行交通能源；
- 車輛載重和使用狀況；
- 變動的能源可用性或能源含量成份 (如水分含量、熱值)。

二、鑑別能源績效指標(EnPI- Energy Key Performance Index)

管理需要被監督與量測：AGIMO 於 2006 年提出「如果你無法衡量它，那你也無法管理它」，這說明評估指標是對於檢視是否完成計畫目的及目標是非常重要的衡量因素。評估指標可用於衡量一個整體過程的效率與效能，以判斷是否達成所計畫之目標及目標與實際之間是否有落差，而此差距有多大之衡量方法。

1. 鑑別能源績效指標的使用者(EnPIs):

能源績效指標已是廣泛使用的能源管理策略、也是能源管理系統的要求，績效指標的訂定可參考企業產資料或建築物過往能源績效的表現以及能源審查的資料，而適切地訂定不同的績效指標更有助於能源管理系統的推行；但是要特別要留意的是:績效指標應盡量加以量化。

舉例而言：今天若是以 EUI (kWh/m^2)作為某建築物的能源績效指標，但卻沒有明確定義多少 EUI 是管理者期望達到的目標，那麼站在能源管理的角度來思考，這個績效指標無法驅使在這個建築物內任何使用能源的活動往節能方向思考。因此訂定明確、清楚、量化且可達成的績效指標是非常重要的。

2. 決定特定的能源績效特性以進行量化:

能源審查應提供建立 EnPIs 所需的資訊和數據，EnPIs 及其相應的能源的基線是由組織定義的指標以衡量能源績效。EnPI 可以是在一個設施、系統、過程或設備等級，例如：

- 能源消耗 (全部或能源使用來區分) (如千瓦時，GJ)；
- 如每單位產出的能耗 (簡單的比率如千瓦時/每噸產量，千瓦時/每工時工作)；
- 統計模型 (如線性和非線性回歸)；
- 工程模型 (例如模擬)。

EnPI 的建立取決於使用者的需求以及應用的複雜度其類型，如下表:

EnPI 類型	使用於	例子	缺點
所量測能源值	<ul style="list-style-type: none"> 量測能源使用或消耗的絕對減量值 符合法規要求- 基於絕對減量 能源貯存及成本的量測與控制 了解能源耗用的趨勢 	照明能源消耗(Kwh) 鍋爐燃油耗用(GJ) 尖峰時間之電力耗用(Kwh) 每月尖峰需量 來自能源行動計畫的總節能量(GJ)	沒有考慮相關能源變數的影響 沒有量測能源效率
所量測值的比率	<ul style="list-style-type: none"> 量測只有單一能源變數的能源效率 量測系統僅有少量或沒有固定基載 對多個設施或組織標準化比較(能源標竿) 能源效率符合法規要求 了解能源耗用的趨勢 	單位產品能耗: Kwh/ton;GJ/單位 Kwh/m2 地板面積 GJ/man-day 油耗公升數/每位旅客每公里 鍋爐轉換效率 輸入/輸出能源(例如發電廠熱耗率) 冷卻系統 Kwh/MJ 空壓系統 KW/Nm3...	沒有考慮基載能源效益; 大型設施的基載可能被誤導 只考慮單一能源變數; 可能需考慮多變數
統計模型	<ul style="list-style-type: none"> 系統有多個能源變數 系統有能源基載耗用 當比較需要標準化 當能源績效及相關變數的關係式要建立能源模型 組織不同層級的能源績效具有多個能源變 	生產設施有兩個以上的生產型態的能源績效 設施有基載的能源績效 飯店能源變數為住房率及外在溫度的能源績效 能源消耗與幫浦/風機	多變數之間的關係不易掌握且難以確保精確計算 不易釐清模型殘存的錯誤或沒有管控能源消耗的問題

	數	及流率的相關性	
工程模型	<ul style="list-style-type: none"> ● 當系統有多個能源變數時，從作業的變動估計能源績效 ● 涉及動態反饋迴路的短暫過程和系統 ● 獨立的相關變數(如溫度及壓力) ● 在設計階段估計能源績效 	<p>工業或發電系統-當能源計算或模擬考慮相關變數及之間關係的變化</p> <p>用於制冷的冷卻器電能耗用與外部溫度之間的模型</p> <p>建築物模型考慮操作時間、中央空調、暖氣系統及住客需求的變更</p>	<p>模型應維持/變更以確保有效的結果</p> <p>較高成本</p>

三、建立能源基線及收集資料

如 ISO 50001 的要求：組織應鑑別適合的能源績效指標以監督與量測能源績效，決定及更新能源績效指標的方法學應加以紀錄並定期審查；且能源績效指標應加以審查並適當地與能源基線作比較。能源基線 EnB 是一個量化的參考以提供在特定週期內作為能源績效比較，影響未來能源消耗的相關資訊要量測其結果用以鑑別能源績效是否因為能源變數衍生的變更，亦即計算能源績效時要考慮這些相關變數或變更以呈現真正的能源績效。

考慮幾個步驟以建立 EnB：

- 決定 EnB 將要使用的特定目的及相對的 EnPIs
- 決定適當的週期
- 數據收集
- 計算並測試 EnB

1. 決定適當的資料期間

評估過去和目前的能源使用和消耗。需建立合適的週期（例如：一、三、六個月或十二個月）以評估過去歷史能耗並決定未來能耗的趨勢。選擇的週期（S）應代表組織中的變化操作（如季節性淡旺季生產、飯店或飯店入住率）。

考慮分析數據要計入季節性影響和其他變數，歷時為期至少一年很好的做法。此數據收集應該是一個適當的頻率，以了解在能源的變動績效和能源消耗的任何異常。數據收集的頻率需考慮每月執行以分析能源耗用趨勢。

2. 收集資料及測試 EnPIs 及 EnBs

能源使用和消耗數據的可能來源包括：

- 水電費檢查的期間內的每種能源；
- 賬單盡可能基於電錶讀數的準確性；而不是估計值；
- 檢查週期內能源消耗和按編碼單據是否相符；
- 從電錶和分電錶（手工或電子記錄）；
- 能源消耗量的估計；模型能源使用和消耗的模擬；
- 設備的數據（例如銘牌額定能量，從製造商的設備手冊，資產清查清單規定的效率和數據表）；
- 每週或每天的維護記錄（如鍋爐房日誌、壓縮機的運行時間）；
- 服務日誌（如供應商或分配的服務訪問記錄）；
- 控制系統的數據；
- 賬單或購買其他能源，如燃料油、煤炭、生質燃料的記錄；
- 購買壓縮空氣，蒸汽，熱水和冷水的紀錄；
- 能源稽核報告或工程研究；
- 過去能源審查的記錄。

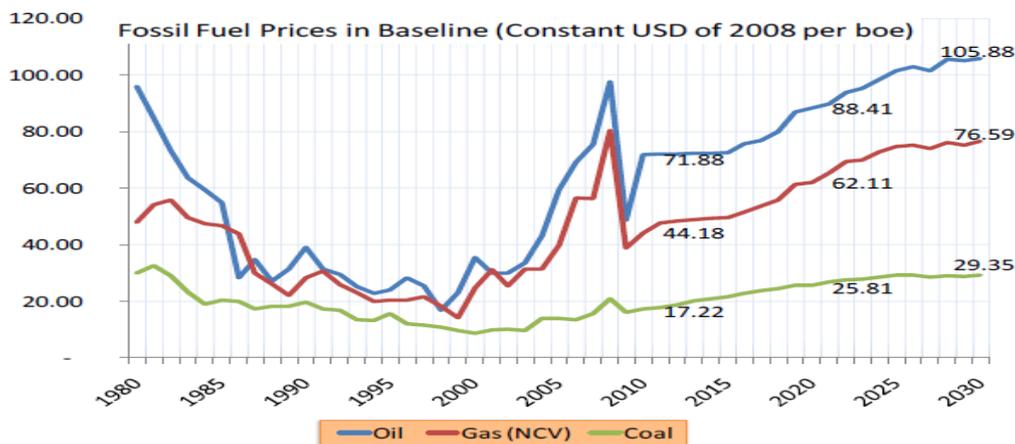


圖 5—建立能源基線以作為比較的基础(EU Energy baseline and Reference Scenario)

四、使用能源績效指標及能源基線

1. 計算能源績效的變動：

a) 能源差異：基線 EnPI 值相對於所報告期間 EnPI 值的差異值：

例如：差異 = R-B

b) 變動比率：在報告的基線期間內的變動比率，以百分比呈現 EnB 的值：



例如：變動比率： $((R-B)/B)*100$

c) 在報告的基線期間內的值除以基線值：

例如：流動比率= (R/B)

以上三個通用的方法可使用於所有類型的 EnPIs 及 EnBs。

2. 能源基線加以標準化：

例如：外部溫度、建築物使用率或使用型態、操作時間、產品變動、原物料改變、生產型態、過程變更、生產數量變動、地理環境因素.....等，如圖 5-建立能源基線以作為比較的基礎。

五、維持及調整能源績效指標及能源基線

ISO 50001 標準要求：能源績效的變化應依能源基線加以量測。當以下狀況發生時，能源基線應加以調整：

- 能源績效指標不再能反映組織能源使用及消耗；或
- 過程、操作模式、或能源系統已經有重大的變更；或
- 依據已經預設的方法。

所以為了確保現行能源績效指標以及相應的能源邊界持續適合及有效地反映組織的能源績效，當產品、原物料、生產型態、過程、生產數量、系統...等有重大變動時，能源基線應加以調整以確保能源績效指標能反映組織實際的能源使用及消耗。

變更類型	變更要求
能源使用變更	當組織從根本性改變能源使用：它可能需要修改什麼跟踪，以及這些因素在 EnB 的權重。
操作變更	當組織有重大的操作上變動可能會衝擊 EnPIs 及 EnB，例如：如果組織導入一個新生產線所以可能要考慮建立一個新的 EnB 以因應此變動。
資料變更	改進設備的計量及資料收集系統結果是可能會得到更好的數據品質或衍生新的相關變數；因此調整 EnPIs 及 EnB 可能是必要的。
標的變更	組織可能希望更新 EnB 的期間，以使用於鎖定能源績效的資料及注重提高當前的能源績效；而不是過去的能源績效。
靜態因子變更	如果 EnB 建立活動的變動過程中所鑑別出來的靜態因子成為衝擊能源消耗的相關變數、也可取得靜態因子衝擊程度的數據，則 EnB 可能必須調整。如果這些數據不存在；EnB 可能必須更新以反映涵蓋這些相

	<p>關變數的期間。</p> <p>例如：原本每天三班輪班作業變更為每天一班作業或每週工作 7 天變更為 5 個工作天；設施設備的操作時間變更時，可能需要調整 EnB。</p>
依據已經預設的方法	<p>組織可能會發現預先去鑑別在哪種狀況下需要變更 EnPIs 或調整 EnB 是很有幫助的，組織也要先行決定如何調整的規則及方法。</p> <p>例如：建立 EnPIs 及 EnB 以符合法令法規的要求(例如對於外部組織)；組織要建立何時及如何設定及調整以滿足這些要求的規則及方法。</p>
管理審查	<p>管理審查其中一個審查輸入就是 EnPIs，據此可推論能源審查的輸出會包含潛在的 EnPIs 變更。</p>

六、結語

能源績效指標的重大變動可能是能源績效變更的徵兆；或者是相關變數對於能源基線的調整。

如果使用以模型為基礎的 EnPI，組織必須檢定目前的 EnPI 及 EnB 以確認是否仍是有效驗的比較以計算能源績效。相關變數在報告期間的值須與基線期的值作比較以判斷在統計上是有效的，有幾種不同比較方式(參考前文：2. 決定特定的能源績效特性以進行量化)。

例如：組織可能著眼於統計方法，以判斷相關變數在報告期間的值是否落在基線期的標準偏差的預定數量內；如果不是，組織可能會決定發展新的能源基線，其他組織可能著重於信賴區間並可能進行額外的統計檢定。

參考文獻

1. ISO 50006:2014 (Energy management systems–Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI)–General principles and guidance
2. ISO 50015:2014 (Energy management systems–Measurement and verification of energy performance of organizations–General principles and guidance
3. Energy Baseline methodologies for industrial facilities-17 Oct. 2013 report #E13-265
4. 中鋼公司 ISO 50001 能源管理系統建置經驗分享-沈正杰 Feb. 2012
5. ISO 50001: 2011 Energy management systems – requirements with guidance for use
6. 地方政府能源效率評估模式之研究 - 楊超朋 July 2007