

中華民國國家標準

C N S

能源管理系統－使用能源績效 指標及能源基線評估能源績效

Energy management systems –
Evaluating energy performance using
energy performance indicators and
energy baselines

CNS 草-制 1130188:2024
Q2

中華民國 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - -

中華民國 年 月 日修訂公布
Date of Amendment: - -

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

目 錄

節次	頁次
前言	3
簡介	3
1. 適用範圍	5
2. 引用標準	5
3. 用語及定義與縮寫	5
4. EnPI、EnB 及能源績效之概述	8
5. 獲得相關能源績效資訊	9
5.1 初始能源績效相關資訊	9
5.2 決定能源績效指標之使用者	9
5.3 定義能源績效指標邊界	10
5.4 定義及量化能源流程	11
5.5 定義及量化與能源績效相關之變數	12
5.6 收集數據	13
6. 決定能源績效指標	15
6.1 一般	15
6.2 能源績效指標之表示	15
7. 建立能源基線	17
7.1 EnB 之概念	17
7.2 決定基線期	17
8. 標準化	18
8.1 標準化之概念	18
8.2 模型之不確定度	18
9. 維護能源績效指標及能源基線	18
9.1 一般	18
9.2 靜態因子變化	19
10. 監督及報告能源績效並證明能源績效改進	20
10.1 一般	20
10.2 監督及報告	20
10.3 證明能源績效改進	21
附錄 A (參考) EnPI 及 EnB 規劃過程	22
附錄 B (參考) EnPI 邊界示例	23
附錄 C (參考) 能源績效指標示例	24
附錄 D (參考) 標準化逐步過程示例	28
附錄 E (參考) 標準化示例	29

附錄 F (參考)標準化示例－多變數分析33

附錄 G (參考)報告匯總資訊37

參考資料38

前言

本標準係依據 2023 年發行之第 2 版 ISO 50006，不變更技術內容，制定成為中華民國國家標準者。

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

簡介

0.1 背景

能源績效評估是一種適用於各種類型組織之工具，可用於評估其能源管理工作之成果。相關變數影響組織之能源消耗及能源效率。為有效地評估在同等條件下之能源績效，宜使用標準化過程考慮相關變數之影響。

因為決定適合組織能更好地瞭解設施、設備、系統或能源使用過程中能源消耗之能源績效指標(energy performance indicators, EnPIs)及相應之能源基線(energy baselines, EnBs)的複雜度，故量測及監督能源績效及證明能源績效改進可能具有挑戰性。

組織藉由降低能源成本，改進能源績效使其更具競爭力。此外，改進能源績效有助於組織減少與能源相關之溫室氣體排放。氣候變遷及減碳需求是全球關注之主要議題。減少與能源消耗相關之溫室氣體排放是應對氣候變遷之重要工具。監督及量測能源績效之方法，是確保此項活動獲得適當結果之關鍵。

於未規劃能源績效改進之活動或過程中，亦可藉由使用 EnPI 及 EnB 管理作業管制、鑑別維護需求或鑑別能源績效之重大偏差以獲得利益。

將組織及其過程之能源績效傳達給組織中適當人員是成功之關鍵要素。此亦是最高管理階層為能源管理(包括有效地建立 EnPIs 及 EnBs)分配資源，建立持續承諾及參與之關鍵。

本標準中之技術資訊使組織能符合 CNS 50001 之要求，包括在量測、監督、分析及評估其能源績效及能源績效改進中使用標準化。此方式可證明使用 EnPIs 及相應 EnBs 之能源績效的持續改進。

0.2 內容概述

本標準為組織提供與管理能源績效相關之實用指引，包括藉由 EnPIs 及相應 EnBs 之建立、使用及維護，以評估、管制及持續改進能源績效。

本標準提供組織依據其目標選擇適當之 EnPIs 指引，藉由實施此等 EnPIs 以獲得

顯著之利益。

本標準旨在指導組織依據 CNS 50001 之要求，建立、使用及維護 EnPIs 及 EnBs。
本標準中所述之過程可為任何組織提供利益，包括無 EnMS 之組織。然而，若依據 CNS 50001 將該過程嵌入至 EnMS 中，則可獲得額外之利益。

1. 適用範圍

本標準提供如何建立、使用及維護 EnPIs 及 EnBs 之指引，以評估任何組織(包括使用 CNS 50001 之組織)之能源績效。亦提供如何量測及監督能源績效及證明能源績效改進之附加指引。

本標準適用於任何組織，無論其類型、規模、複雜程度、地理位置、組織文化、提供之產品及服務或其在能源管理領域之成熟程度。

2. 引用標準

無

3. 用語及定義與縮寫

3.1 用語及定義

下列用語及定義適用於本標準。

3.1.1 基線期(baseline period)

用作與報告期(3.1.16)比較之特定期間。

備考：比較之目的可為績效之監督、績效改進之評估或節能之決定。

3.1.2 邊界(boundary)

為宣稱之目的，個體(entity)所定義之實體(physical)、虛擬及/或組織限界。

備考 1. 個體可以為一個組織(3.1.14)、組織群組、區域、組織子集或其他取決於應用。

備考 2. 實體可以為組織控管之設備、系統、建築物、過程、一組過程、一個廠區或多個廠區。

3.1.3 能源(energy)

電力、燃料、蒸氣、熱、壓縮空氣及其他類似介質。

備考：就本標準而言，能源係指不同形式之能源，包括可再生能源，其可被採購、貯存、處理、使用於設備或過程中，或予以回收。

[來源：CNS 50001 之 3.5.1]

3.1.4 能源基線(energy baseline, EnB)

提供作為能源績效(3.1.9)比較基準之值。

備考 1. 用於決定 EnB 之數據及方法應作為文件化資訊保存。

備考 2. 若 EnB 之決定過程使用相關變數(3.1.15)進行標準化(3.1.13)，或若 EnB 依靜態因子(3.1.18)之變化而進行調整，則此資訊應作為文件化資訊保存。

3.1.5 能源消耗(energy consumption)

使用能源(3.1.3)之量。

備考：能源消耗可以用體積(例：公升燃料)、質量、重量單位或能量單位(例：GJ、kWh)來表示。

[來源：CNS 50001 之 3.5.2，已修訂－新增備考]

3.1.6 能源效率(energy efficiency)

過程輸出與能源(3.1.3)輸入間之比率或其他定量關係。

例：轉換效率、所需能量/使用能源、輸出/輸入、用於操作之理論能量/用於操作之能源。

備考 1. 過程輸出可以為產品、服務或能量。

備考 2. 宜清楚規定輸入與輸出兩者之量與質，且宜可量測。

3.1.7 能源使用(energy use)

能源終端使用(energy end-use)

能源(3.1.3)應用[application of energy(3.1.3)]

例：通風、照明、加熱、冷卻、運輸、過程及數據儲存。

備考 1. 能源使用是基於“能源之用途”，而能源消耗(3.1.5)則基於“使用多少能源”。

備考 2. 此應用可來自任何能源類型，包括再生能源。

3.1.8 能源模型(energy model)

基於數據集之數學表示，用以說明特定期間相關變數(3.1.15)與能源消耗(3.1.5)或能源效率(3.1.6)間之關係。

備考：特定期間可以代表不同之時間觀點，例：基線期(3.1.1)、報告期(3.1.16)或反映標準條件之期間。

3.1.9 能源績效(energy performance)

與能源效率(3.1.6)、能源使用(3.1.7)及能源消耗(3.1.5)相關之可量測結果。

3.1.10 能源績效指標(energy performance indicator, EnPI)

用於量化能源績效(3.1.9)之量測。

備考 1. 若 EnPI 用於證明能源績效改進(3.1.11)，則 EnPI 指的是能源效率(3.1.6)或能源消耗(3.1.5)。

備考 2. EnPI 由組織(3.1.14)定義。

備考 3. EnPI (s)可藉由能源模型(3.1.8)計算。

3.1.11 能源績效改進(energy performance improvement)

與能源效率(3.1.6)或能源消耗(3.1.5)有關之能源使用(3.1.7)的可量測結果，其與能源基線(3.1.4)比較之改進。

與能源效率(3.1.6)或能源使用(3.1.7)有關的能源消耗(3.1.5)之可量測結果，與能源基線(3.1.4)比較時的改進。(CNS 50001 3.4.6 錯，審完刪)

3.1.12 能源標的(energy target)

能源績效改進之可量化目標(3.1.11)。

備考：能源標的可包含於目標內。

[來源：CNS 50001 之 3.4.15]

3.1.13 標準化(normalization)

在同等或標準條件下進行分析之過程。

備考：考慮相關變數(3.1.15)變化時，標準化可用於比較能源績效(3.1.9)或能源績效改進(3.1.11)。

3.1.14 組織(organization)

各具其本身職能及其相應之責任、職權及關係，以達成其目標之人員或一組人員。

備考：組織之概念包括(但不限於)自營商、公司、集團、行號、企業、權責機構、合夥企業、慈善機構或學術機構，或上列之部分或組合，不論是否為依法設立的公司、公營或民營。

3.1.15 相關變數(relevant variable)

會重大影響能源績效(3.1.9)且會經常改變之可量化因子。

備考 1. 重大性準則由組織(3.1.14)決定。

備考 2. 在統計方法中，藉由使用重大性準則從自變數中鑑別出相關變數。

例：氣候條件、作業條件(室內溫度、照明度)、工作時數、生產產出。

3.1.16 報告期(reporting period)

選擇用於評估能源績效(3.1.9)及能源績效改進(3.1.11)之已定義的期間。

備考：於本標準中，報告期之概念包括監督期之概念。

3.1.17 重大能源使用(significant energy use, SEU)

說明大量之能源消耗(3.1.5)及/或提供能源績效改進相當潛能(3.1.11)之能源使用(3.1.7)。

備考 1. 重大性準則由組織(3.1.14)決定。

備考 2. SEUs 可為設施、系統、過程或設備。

[來源：CNS 50001 之 3.5.6]

3.1.18 靜態因子(static factor)

經鑑別會重大影響能源績效(3.1.9)而不會經常改變之因素。

備考：重大性準則由組織決定。

例：設施大小、安裝設備之設計、每星期班次、產品範圍。

[來源：CNS 50001 之 3.4.8]

3.2 縮寫

CDD 冷房度日(cooling degree day)

CNS 50015 3.7 使用“日度”內政部營建署/行政院/金管會用“度日”，審完刪)

(https://gazette.nat.gov.tw/EG_FileManager/eguploadpub/eg026219/ch02/type7/gov10/num6/Eg.pdf)

CUSUM 累積和(cumulative sum)

EnB 能源基線(energy baseline)

EnMS 能源管理系統(energy management system)

EnPI 能源績效指標(energy performance indicator)

HDD 暖房度日(heating degree day)

SEC	單位能耗(specific energy consumption)(ITRI 工業節能服務網，審完刪)
SEU	重大能源使用(significant energy use)

4. EnPI、EnB 及能源績效之概述

組織建立 EnPIs 及 EnBs 以量測及監督能源績效，並證明能源績效改進。

EnPIs 提供相關能源績效資訊給利害相關者(例：內部使用者、供應鏈)，以瞭解能源績效並採取行動管控並改進能源績效。

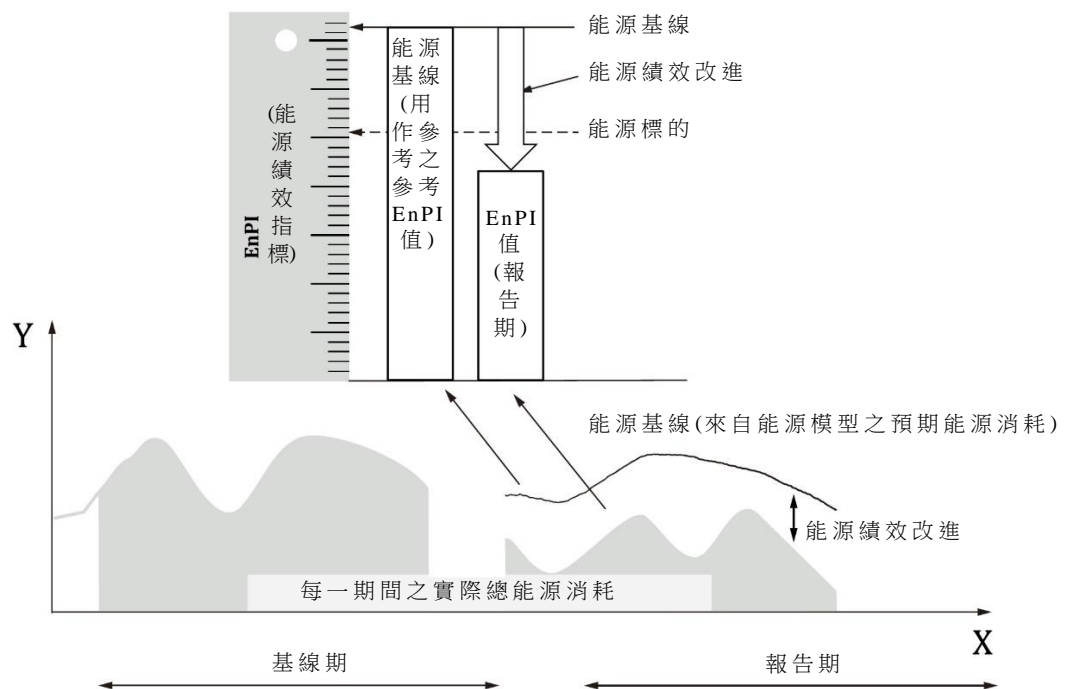
EnPI 值量化整個組織或其不同分部(例：設施、設備、系統或能源使用過程)之能源績效。在選擇 EnPIs 之前，需對潛在之 EnPIs 進行分析，以決定它們是否合適。EnPIs 可使用能源模型表示，且可以能源消耗(例：GJ、kWh)或能源效率(例：km/L)為單位進行報告。

氣候、生產等相關變數可能會顯著影響組織之能源消耗。若組織有數據顯示相關變數顯著影響能源績效時，則宜進行標準化，以便能夠比較能源績效。標準化用於考量相關變數之變化，以監督及評估能源績效，並評估及證明能源績效改進。

組織可基於已鑑別及規劃之能源績效改進機會設定能源標的。

圖 1 舉例說明能源績效改進、EnPIs、EnBs、EnPI 值及能源標的間之關係。圖 1 亦說明無論是否符合能源標的，當 EnPI 值相對於 EnB 有所改進時，如何達成能源績效改進。

第 5 節至第 10 節詳細說明開發、使用及更新 EnPIs 及 EnBs 之過程。此過程有助於組織監督及評估能源績效並證明能源績效改進。EnPI 及 EnB 規劃之過程參照附錄 A。



說明

X 時間

Y 能源消耗

備考：能源消耗變化趨勢表示存在相關變數，需要進行標準化。

圖 1 能源績效、EnPI、EnB、EnPI 值及能源標的間之概念關係示例

5. 獲得相關能源績效資訊

5.1 初始能源績效相關資訊

組織宜鑑別目前能源使用之類型，並基於量測及其他數據，評估當前及過去之能源消耗及能源效率。藉由分析此資訊及影響能源績效之因子，鑑別出重大能源使用 (SEUs)。

此過程有助於鑑別 SEUs，並決定能源績效改進機會之優先順序。

備考：此過程於 CNS 50001 之 6.3 中定義為“能源審查”。

5.2 決定能源績效指標之使用者

EnPI 之開發宜滿足不同使用者之需求及期望，且易於理解。

可能需要多個 EnPIs 以滿足使用者需求。將 EnPI 邊界與職能角色保持一致可確保 EnPIs 滿足使用者需求，並可有效地分配管理 EnPI 之責任。

EnPIs 可為內部或外部使用者開發。內部使用者可以將 EnPIs 用於多種目的，例但不限於維護、作業及能源績效評估。外部使用者通常使用 EnPIs 滿足源自法律要求及其他要求(例：永續報告)之資訊要求。

備考：外部目的(例：政府報告)所需之 EnPIs 及 EnBs，並不總是足以管理 CNS 50001

下之能源績效改進或希望瞭解其實際能源績效改進之組織。

表 1 說明一些常見之 EnPI 使用者。

表 1 EnPIs 使用者

EnPI 使用者類型	典型需求
最高管理階層	最高管理階層需要來自 EnPIs 之資訊，以瞭解組織之能源績效並支持能源績效改進行動。
能源管理團隊	於下述事項支援組織(包括最高管理階層)之團體： (a) 建立 EnPI。 (b) 維護 EnPI。 (c) 監督 EnBs、當前 EnPI 值、預定時間間隔內所有相關變數之值。 (d) 設定能源標的，並計算能源標的實現程度。 (e) 對當前 EnPI 值與 EnBs 及能源標的進行標準化及比較。 (f) 報告 EnPI 值及偏差。 (g) 詮釋結果。
工廠或設施管理	通常控管工廠或設施內之資源並對結果負責。工廠或設施管理者宜瞭解規劃之能源績效，並對能源績效及財務方面之重大偏差進行調查及回應。工廠或設施管理者可能使用其工廠或設施中之所有 EnPIs，包括有關其 SEUs 之 EnPIs，及為基準評價之目的，而來自其他廠區之可比較的 EnPIs。
作業與維護人員	負責使用 EnPIs 針對能源績效、消除能源浪費及進行中預防性維護之重大偏差採取行動，以管控並確保有效作業。作業及維護人員可能使用與其負責之過程或設備相關的 EnPIs。
工程師	使用合適之 EnPIs(包括用於評估能源績效改進之方法)規劃、執行及評估能源績效改進行動。
外部使用者	可能需要 EnPIs 提供之資訊，以回饋至其相關過程中之外部使用者，例：監理機關、專業及行業協會、EnMS 稽核員、顧客或其他組織等。
EnPI 所有者	負責監督、分析及報告 EnPI 及 EnPI 值之人。

5.3 定義能源績效指標邊界

為量測能源績效，宜為每一個 EnPI 指定合適之量測邊界。在指定 EnPI 邊界時，組織宜考慮使用者需求(參照 5.2)，且：

- 與能源管理相關之組織責任，包括組織對其能源績效之管控及/或影響程度。
- SEUs。
- 組織希望隔離及管理之設施、設備、系統或能源使用過程。
- 藉由量測能源消耗及相關變數，以隔離 EnPI 邊界之容易程度。
- EnMS 邊界。

— 能源消耗及相關變數之可用數據。

3 個主要之 EnPI 邊界層級為個別、系統及組織，參照表 2。

有關 EnPI 邊界之更多資訊參照附錄 B。

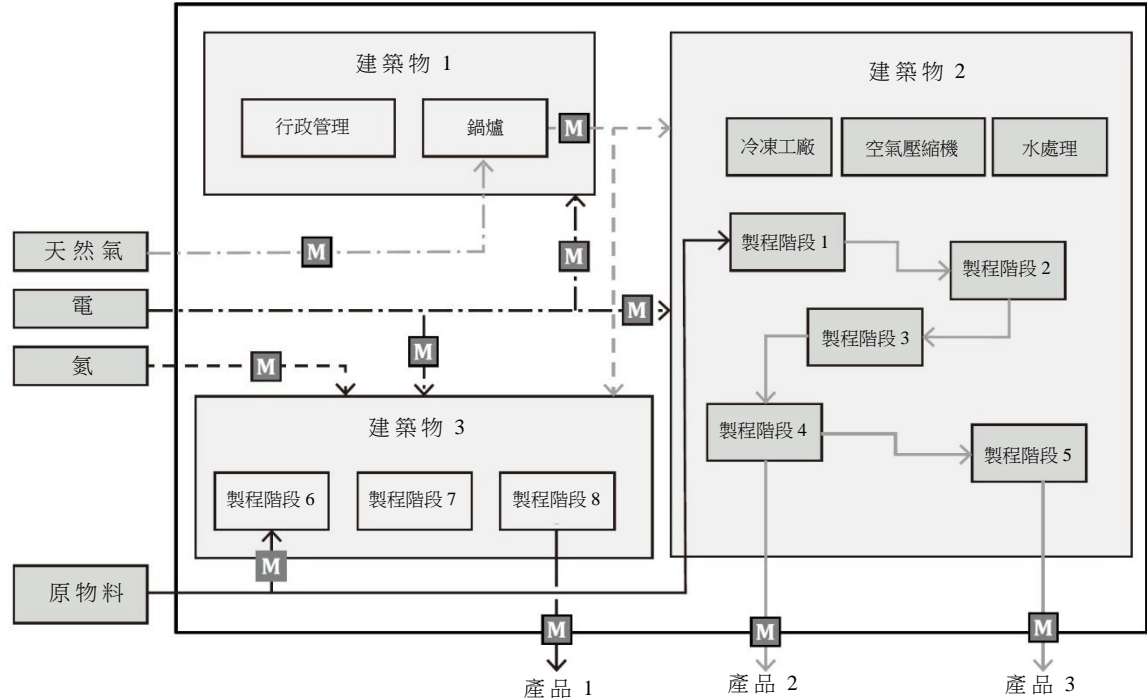
表 2 EnPI 之 3 個邊界層級

EnPI 邊界層級	說明及示例
個別 (設施/設備/能源使用過程)	EnPI 邊界可圍繞組織希望隔離及管理之設施、設備或能源使用過程之實體周界進行定義。 例：蒸汽生產設備之能源使用與其他能源使用分開。
系統	EnPI 邊界可圍繞組織想要管控及改進之一組相互互動之設施/設備/能源使用過程的實體周界進行定義。 例：蒸汽生產及蒸汽使用設備(例：乾燥機)。
組織	EnPI 邊界可圍繞組織定義，同時考慮組織指定之個人、團隊、團體或業務單位之能源管理責任。 例：為工廠或組織之部門購買蒸汽。

5.4 定義及量化能源流程

組織宜鑑別跨越邊界之能源流程。組織可使用圖表(例：參照圖 2)以決定建立 EnPIs 所需之能源資訊。此圖顯示 EnPI 邊界內及跨越 EnPI 邊界之能源流程。其亦可包括其他資訊，例：對於能源分析及建立 EnPIs 非常重要之計量點及產品流程。

組織宜量測跨越每一個 EnPI 邊界之能源流。此包括交付之能源及現場產生之能源。宜考慮跨越 EnPI 邊界並被儲存之能源。



說明
M 量測

圖 2 能源、原物料與產品流程圖

5.5 定義及量化與能源績效相關之變數

- 組織宜決定每一個 EnPI 邊界之相關變數，例：
- (a) 與另一種產品相比，使用較多之電力來生產某些產品，組織宜考慮使用產品組合作為相關變數。
 - (b) 在冬季使用較多之天然氣，組織應考慮使用暖房度日作為相關變數。
- 影響所需能源消耗量之因子宜被視為相關變數。
- 表 3 列出用於鑑別變數之考量。

表 3 用於鑑別變數之考量

方面	說明
輸入	與輸入相關之變數為基於進入邊界之輸入品質及/或數量(例：進入巴氏殺菌過程之牛奶)。
過程	與邊界內活動有關之過程相關變數。例：完成過程步驟所需之過程溫度及停留時間可以是不同的。於建築物中，與過程相關之變數可以是佔用率。
輸出	輸出相關變數為離開邊界之輸出。於製造過程中，輸出相關變數可以是生產之產品數量。
環境	環境相關變數為基於外部環境(例：暖房度日、冷房度日、相對濕度)。

此等變數可直接量測或自量測中導出(例：直接量測產量，而暖房度日則自外部環境溫度與基準溫度之量測導出)。

對組織收集之數據進行分析可指出相關變數。附錄 D 說明如何決定哪些變數是相關之方法論。

若於選定邊界內難以決定相關變數時，則可以調整邊界(例：細分)。

5.6 收集數據

5.6.1 數據收集

組織宜指定並收集與每一個 EnPI 之能源消耗及相關變數相關的數據。其宜規劃對已收集數據之存取、收集之時機、收集及儲存之過程及數據之任何分析前清除或操作。

組織可能會發現先前鑑別之某些 EnPIs，因數據限制或其他障礙而無法量測。在此情況下，組織宜評價並隨後修改 EnPIs 或導入額外之計量器、量測或建模方法。若安裝新計量器、子計量器及/或感測器，以收集所需變數數據之支出，因能源績效之改進而合理時，則組織宜於其數據收集計劃中指定此類計量。

若無法獲得更詳細之能源消耗數據時，可使用能源帳單。應考慮帳單間之計費期間差異。

表 4 說明收集數據時面臨之挑戰示例。

表 4 能源數據收集之挑戰

情境	說明及示例
缺乏能源供應商之詳細量測數據	當組織無來自能源供應商之詳細量測數據時，其可考慮由自己或藉由其能源供應商提供之其他量測選項。
缺乏相關變數之數據	當組織無某些設施、設備、系統或能源使用過程之數據時，其可增加量測儀器以獲取此等數據，或使用如官方氣候等外部來源數據。代理變數可用於無法直接取得數據之相關變數(例：代表電梯使用情況之電力消耗，作為建築物佔用率之代理)。

5.6.2 數據品質

若欲使計算結果具意義，則計算 EnPI 時需考慮收集數據之品質、精密度及準確度。在計算 EnPIs 及其相應 EnBs 之前，組織宜審查量測之能源消耗及相關變數集，以決定數據品質。

確保所使用之數據具適當之品質及完整性，有助於提高所決定之 EnPI 值之穩健性，並確保其符合組織之需求。決定數據適當品質時要考慮之因素可能包括以下內容：

- 收集之方法，即手動或自動。
- 數據來源，例：第三方氣象站數據。
- 數據收集之頻率，即涵蓋所有班次、每小時、每天、每月、工作時間及季節。

- 計量器及量測設備之準確度。
- 精密度(有關偏差、線性度、解析度等之量測不確定度)。
- 數據來源之數據可重複性。
- 數據之確證。

5.6.3 量測

量測可以連續進行(例：使用監督管制及數據擷取系統或數據擷取及處理系統之數據)、臨時量測(例：使用數據記錄器)或現場量測(例：使用行動/可攜式計量器)。若連續量測不可能時，則組織宜確保在具代表典型作業條件期間進行現場或臨時量測(參照 5.6.2)。

能源消耗可藉由使用永久或臨時、計量器或子計量器來量測，或可藉由其他方式(例：工程計算或建模)來估算。若有可能，宜安裝永久性計量器進行量測。在能源稽核期間或無需連續量測之情況下，則可使用臨時計量器。組織宜瞭解量測設備之準確度及可重複性，並宜考慮依據從此等量測儀器收集之數據做出之決策的相對重要性。

在許多情況下，能源消耗量僅能間接量測。此可能需要量測所供應燃料之流量、體積或質量，且可能隨成分、室外溫度、壓力及其他因素等而變化。通常將乘數或因子應用於實際量測之燃氣或液體燃料流量，以計算燃料中包含之能量。此等宜基於可驗證之來源。

5.6.4 數據收集頻率

數據收集週期及頻率應足以擷取一範圍之作業條件，並提供足夠數量之數據點以進行分析。組織宜對每一個 EnPI 及相應 EnB 所包含之能源消耗及相關變數，選擇適當之數據收集頻率(例：每小時、每天、每週)。

備考：數據收集頻率通常基於可用數據(例：每月之能源帳單)。

為衡量及瞭解相關變數對能源績效之衝擊影響，數據收集頻率可能遠高於報告頻率。例：於作業層面可能需要每小時、每天或每週收集數據以解決重大偏差。宜匯總此類能源消耗及相關變數以進行定期審查(例：組織層面之每月審查)。

為進行統計分析，能源消耗及相關變數數據必須具有相同之時間間隔。

即使數據收集期間相同(例：每月)，能源及相關變數之數據週期也可能所有不同。在此情況下，宜調整數據週期，以使能源數據期間與相關變數數據保持一致。

例：能源消耗在每月 20 日計量並提供作為能源帳單。相關變數(產量)在每個月底進行量測。組織決定將計量時間統一為每月 20 日，並對生產數據進行估算。

5.6.5 鑑別及分析異常值

錯誤之計量、錯誤之數據擷取或異常之作業條件可能會產生重大之異常值。在排除異常值之前，宜應進行調查以決定異常值是否有合理之原因。若排除一些異常值，宜注意確保此不會對 EnPI 值或其對應之 EnB 帶來偏差。

例：每年一次之工廠停工可能會導致能源消耗發生重大變化。

可藉由適當方法(例：散佈圖、趨勢線)鑑別異常值。趨勢線或函數之預期值超過

預定標準差值之數據點可能是異常值。

6. 決定能源績效指標

6.1 一般

在選擇合適之 EnPIs 時，相關變數之影響及資訊使用者之需求是需要考慮的關鍵因素。

若合適，組織宜決定 EnPIs，包括每一個 SEU 至少一個 EnPI。

還有許多其他類型之指標用於監督組織定義之 EnMS 之其他部分(例：SEUs 之管控、提高員工之能源意識、基準設備或過程)。使用此等指標作為 EnPIs 時宜謹慎，因其並非總是能適當地監督能源績效或能適當地代表能源績效改進之措施。

在選擇 EnPIs 時，組織宜考慮其現有與能源消耗及相關變數相關之量測及監督能力。

附錄 C 提供有關選擇 EnPIs 之更多資訊。

當組織之目標包括減少溫室燃氣排放時，宜考慮使用 CO₂ 排放因子之附加指標。更多資訊參照附錄 G。

EnPIs 可用於多種目的，例：

- 瞭解設施、設備、系統或能源使用過程之能源績效。
- 溝通資訊並使組織參與與能源績效相關問題。
- 追蹤能源標的進展。
- 管理與管控 SEUs。
- 監督及量測能源績效。
- 評估並證明持續之能源績效改進。EnPI 值可藉由量測或計算獲得。

6.2 能源績效指標之表示

6.2.1 統計模型

6.2.1.1 一般

組織宜使用適當之能源模型標準化(參照第 8 節)其能源消耗或能源效率。能源模型可用於計算預期能源消耗或預期能源效率。

6.2.1.2 一個相關變數

6.2.1.2.1 一般

在僅有一個相關變數之情況下，能源消耗或能源效率可使用簡單線性迴歸或非線性迴歸能源模型。

能源消耗之簡單線性迴歸能源模型可用公式(1)表示：

$$Y = mx + C \quad (1)$$

式中， Y ：能源消耗

m ：相關變數之每單位能源消耗

x ：相關變數之值

C ：與相關變數無關之基本負載能源消耗

6.2.1.2.2 及 6.2.1.2.3 說明線性迴歸能源模型之特定情況。

6.2.1.2.2 簡單度量

在 $m=0$ 之特定情況下，能源模型可用公式(2)表示。

$$Y = c_E \quad (2)$$

式中， Y ：能源消耗

c_E ：恆定能源消耗

在無影響能源消耗之相關變數的情況下，可使用一個簡單之度量作為 EnPI。可藉由觀察一段時間內之能源消耗趨勢，以確定簡單之度量是否合適。此意謂著每日、每週或每月之能源消耗，在組織建立之可接受範圍內變化。若 Y 非常數或不在組織建立之可接受範圍內，則表示可能存在相關變數且需要標準化。

6.2.1.2.3 比值

在 $c=0$ 之特定情況下，能源模型可用公式(3)表示。

$$Y = mx \quad (3)$$

式中， Y ：能源消耗

m ：相關變數之每單位能源消耗

x ：相關變數之值

在此基本負載為零之特定情況下，相關變數(m)之每單位能源消耗比值給出適當之能源模型，此通常稱為單位能耗(SEC)。

當存在一個影響能源消耗之相關變數，且無基本負載能源消耗時，可使用比值作為 EnPI。

6.2.1.3 多個相關變數

若存在多個相關變數時，則可使用多元線性迴歸或多變數迴歸能源模型。能源消耗之多元線性迴歸能源模型可用公式(4)表示。

$$Y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n + c \quad (4)$$

式中， Y ：能源消耗

m_1, m_2, \dots, m_n ：相關變數之每單位能源消耗

x_1, x_2, \dots, x_n ：相關變數

c ：常數值

在實務中，最常見具多個相關變數之能源模型。

6.2.2 總和模型(Aggregated models)

可藉由結合不同之能源模型來計算總和能源模型。

基本條件模型亦為總和模型。在此情況下，不同之能源模型應用於相關變數閾值(N)之二側。基本條件模型可用公式(5)及(6)表示。

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \text{若 } x_i > N \quad (5)$$

$$Y = g(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \text{若 } x_i \leq N \quad (6)$$

式中， Y ：能源消耗

F : 當相關變數 x_i 大於閾值(N)時，考慮相關變數之能源模型

G : 當相關變數 x_i 為閾值(N)以下時，考慮相關變數之能源模型

x_1, x_2, \dots, x_n : 相關變數

例：工廠之狀態不僅包括“作業中”，亦包括“部分負載”及“備用”。若無法將其視為異常值，則可使用基本條件模型。

6.2.3 工程模型

工程模型通常藉由物理或經驗定律來說明(例：流體阻力及流速與泵功耗相關之方程式)。

工程模型可用於校正模擬，以評價簡單及複雜之設施、設備、系統或能源使用過程的能源績效。

備考：校正模擬是調整能源模型參數，使實際能源消耗與模擬結果(預期能源消耗)相當之模擬。

組織可使用現有之工程模型(例：建築物)。然而，創建工程模型可能需要特定之專業知識。

7. 建立能源基線

7.1 EnB 之概念

EnB 用於能源績效之比較。進行比較以監督能源績效並證明能源績效改進。

建立 EnB 宜採取下列步驟：

- 決定 EnB 之特定用途。
- 決定合適之數據期間。
- 收集數據。
- 分析數據以開發標準化方法(若適用)。
- 決定並評估 EnB。

7.2 決定基線期

在建立 EnB 時，組織宜考慮其能源目標、標的及其作業性質，以決定合適之期間。基線期宜足夠長，以確保 EnPI 及 EnB (生產之季節性、氣候模式等)能夠解釋運作模式之變化。

組織獲取數據之頻率可作為決定合適基線期之考慮因素。

表 5 列出需要考慮之典型基線期。

若組織希望每天監督 EnPI，即使基線期為一年，也需要 EnB 之每日數據。在本例中，EnB 設定為一年之每日數據。

表 5 需要考慮之典型基線期

典型期間	說明及示例
一年	最常見之基線期是一年。其可獲取全方位之氣候狀況或業務作業循環。
小於一年	若能源消耗是季節性(例：蔬菜罐頭工廠、滑雪場)，則可使用較短之期間。 在可靠、適當或可用歷史數據數量不足之情況下，較短之 EnB 持續時間亦可能是需要的。
大於一年	可結合季節性與商業趨勢，使多年之 EnB 達到最佳狀態(例：釀酒工廠希望僅在每年之壓榨及發酵期間追蹤能源績效，但可在多年內追蹤)。

8. 標準化

8.1 標準化之概念

在任何設施、設備、系統或能源使用過程之作業期間中，相關變數會例行地變化，而造成能源績效、能源消耗及能源效率波動。考慮相關變數之變化時，使用標準化計算 **EnB**。

組織宜使用基線期間內之能源消耗值及相關變數為每一個 **EnPI** 建立一個 **EnB**。若組織有數據顯示某些變數重大影響能源績效時，則宜對 **EnB** 進行標準化。

於報告期內，組織宜量測實際之能源消耗，並與預期能源消耗進行比較。圖 1 顯示如何監督及量測能源績效之示例。

組織藉由比較 **EnPI** 值與相應之 **EnB**，以評估能源績效改進。

附錄 D 中提出逐步之程序，作為執行標準化之指引。附錄 E 及附錄 F 提供應用此程序之數值示例。

8.2 模型之不確定度

在開發 **EnPI** 及 **EnB** 時，組織宜考慮量測及能源模型之不確定度。宜考慮額外之資源以獲得更高之準確度。

組織宜選擇一個能源模型，該模型將產生具有適合每一個比較目的之適當不確定度的 **EnPI** 值。在設施、設備、系統或能源使用過程之作業中，**EnPI** 值與作業標準(例：上限及下限)及能源標的進行比較。

9. 維護能源績效指標及能源基線

9.1 一般

當設施、設備、系統或能源使用過程發生變化時，能源效率、能源消耗及相關變數可能會受到影響。組織宜確保目前之 **EnPI**、相應之邊界及 **EnBs**，在量測能源績效方面仍然適當且有效。若其不再合適，組織宜審查或開發新的 **EnPIs** 及相應之 **EnBs**。

有許多檢定可用於決定 **EnPI** 及 **EnB** 是否仍然適當或有效，包括：

(a) 用於自能源模型決定預期能源消耗之相關變數宜落在下述之一：

- (1) 在模型中所使用之相關變數的範圍內。
- (2) 不超過相關變數數據平均值之預定標準差。
- (b) 鑑別靜態因子之主要變化，此等變化可能使等效條件下之能源績效決定無效。可修改基線期(例：轉移至不同之時間期間)，或於不改變基線期之情況下計算能源績效。
- 表 6 說明可要求組織修訂 EnPIs 及相應 EnBs 之情況。

表 6 可能需要修訂 EnBs 及 EnPIs 之情況示例

常見變化	說明及示例
靜態因子	若靜態因子(參照 9.2)發生變化，則相關 EnB 可能會被修改。在某些情況下，可能需要開發新之 EnPI 及 EnB。統計檢定可決定組織是否宜開發新之 EnB 或 EnPI。例：此等可包括增加或停止主要生產過程及/或改變生產班次或對建築結構及建築設備之實質修改。
相關變數	當相關變數重大變化且顯著超出建立基線之範圍時，宜建立新的 EnB 及相關之 EnPI。
能源類型	當組織改變其使用之能源類型時，其可能需要修改追蹤內容(EnPIs)及此等因素在其 EnB 中之權重。
數據可用性	改進設施計量及數據收集系統，可提供更高品質之數據或發現新之相關變數。可能有需要修改 EnPI 及 EnB。
數據頻率	若以更規律之間隔或更高之頻率收集數據，則可使用新的 EnPI 及 EnB 進行更有效之管理。
基線期	組織可能希望更新基線期以鎖定迄今為止之成就，並專注於當前而非過去期間之能源績效進行改進。此種性質之策略決策可能需要將基線期更新為最近之期間(例：去年)，以作為新的參考點。
依預定之方法	組織會發現預先鑑別需要修訂之 EnPI 及相應 EnB 的條件很有用。例：許多組織每年均會更新其 EnB。

9.2 靜態因子變化

若靜態因子發生變化及該變化若會影響能源消耗與相關變數間之關係時，則需要考慮靜態因子。

表 7 說明靜態因子變化，需要修改 EnPI 或 EnB 時之示例。

表 7 需要修訂 EnPI 或 EnB 之靜態因子變化

情境	說明及示例
產品類型改變	工廠生產一致之產品組。改變產品組之新產品導入宜視為靜態因子。
每天班次改變	工廠每天之生產班次是固定的。若班次增加或減少時，則需要進行維護。
建築物佔用率變化	建築物之居用者人數相對穩定。若因新租約而導致居用者人數顯著增加或減少時，則需要進行維護。
樓板面積變化	建築物有固定之樓板面積。若組織顯著擴建建築物，或出售或出租其中之一部分時，則需要進行維護。

10. 監督及報告能源績效並證明能源績效改進

10.1 一般

基於下述目的，可使用 EnBs 及 EnPIs 監督能源績效：

- 確保過程之作業管制是有效的。
- 證明能源績效改進。
- 監督實現能源標的之進展。

宜依據使用者之需求及角色，向使用者證明能源績效。

10.2 監督及報告

可藉由每小時、每天、每週或每月，比較實際能源消耗(EnPI 值)與預期能源消耗(EnB)以監督能源績效。在發展此等概念之初始階段，每月進行比較即足夠。

基於能源模型，可使用多種工具及技術監督及報告能源績效，包括：

- 使用 EnPIs(及相關變數)趨勢圖，監督實際能源消耗與預期能源消耗間之差異。
- 使用趨勢圖監督實際能源消耗與預期能源消耗差異之累積和(CUSUM)。
- 將實際能源消耗與預期能源消耗間之差異與能源標的進行比較(能源標的可計算為預期能源消耗標的之減少百分比)。
- 使用散布圖監督能源消耗及生產。在每一種情況下，資訊均可以圖形或表格之形式表示。

使用 EnPI 監督能源績效之過程是例行的。若觀察到意外結果，宜藉由下述方式調查原因：

- 調查設備/系統之作業管控，以確定偏差之原因。
- 若偏差導致能源消耗過多，則採取矯正措施以防止偏差再次發生。
- 若偏差是由於意外之低消耗所造成的，則確定原因並嘗試將此行動納入正常作業中。
- 確保數據準確。
- 考慮靜態因子是否有變化。

EnPI 監督結果亦可以總結或詳細之方式進行報告。

10.3 證明能源績效改進

組織需要證明能源績效改進。

宜比較 EnPI 值及相應之 EnB，以評估能源績效改進。

此可於設施層級、SEU 層級、過程層級等上完成。

表 8 說明監督及報告能源績效改進之常見方法。

表 8 監督、報告與證明能源績效改進

方法	說明及示例	公式
差值	報告期間，EnPI 值(R)與 EnB(B)間之差值。 $R-B$ 之累積和是一種用於監督及證明改進之有用技術。	$R-B$
百分比變化	報告期間，EnPI 值(R)及 EnB(B)間之差值，以 EnB 之百分比表示。	$[(R-B)/B] \times 100$
比值	報告期間，EnPI 值(R)與 EnB(B)之比值。	(R/B)
百分比	報告期間，EnPI 值(R)與 EnB(B)之比值，以百分比表示。	$(R/B) \times 100$
說明 B ：EnB R ：報告期之 EnPI 值		

附錄 A

(參考)

EnPI 及 EnB 規劃過程

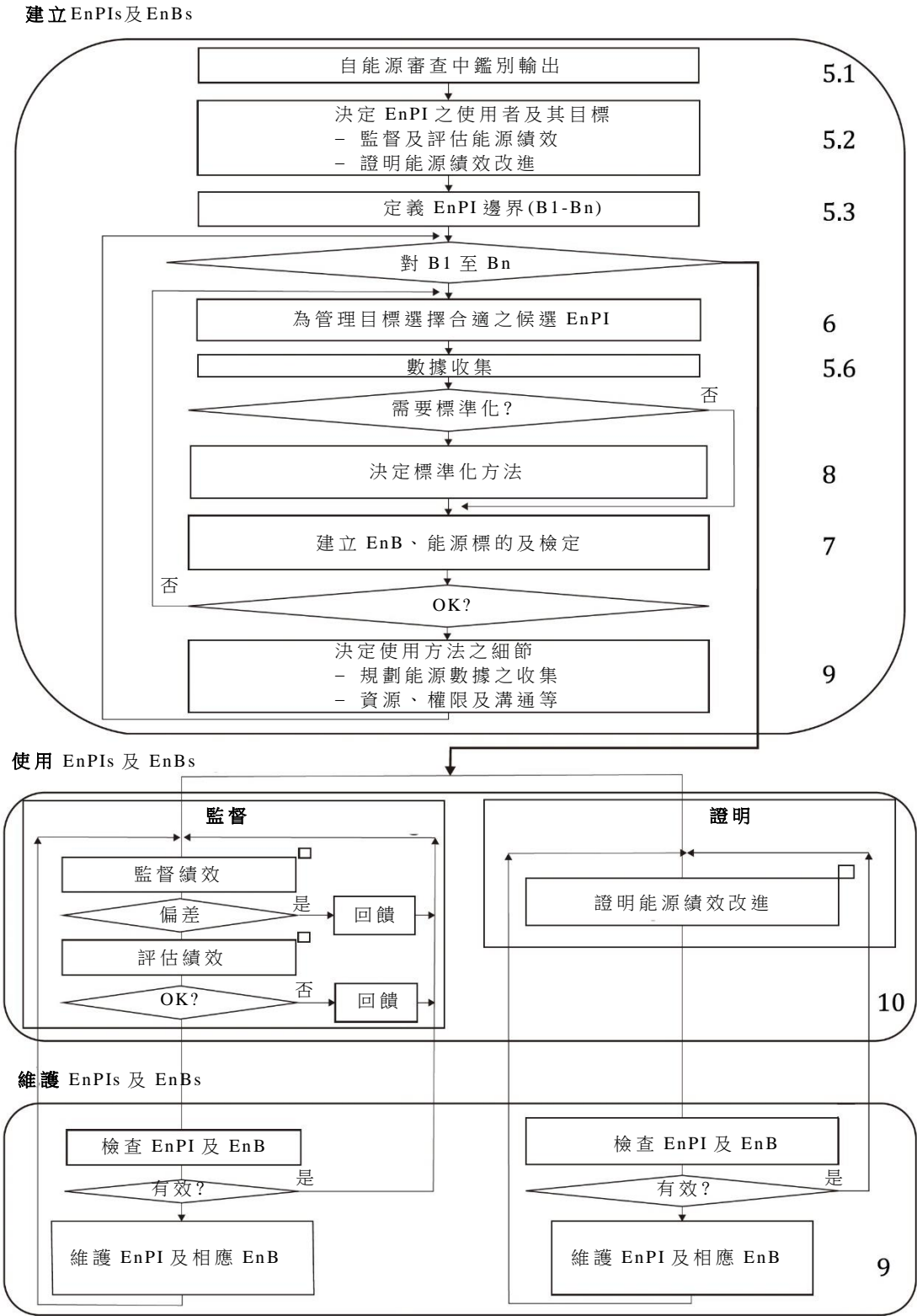


圖 A.1 EnPI 及 EnB 規劃過程

附錄 B

(參考)

EnPI 邊界示例

在量測、監督、分析及評估能源績效及證明能源績效改進之過程中，找到生產系統中效率最低之部分是非常重要的。可聚焦於此部分，藉由縮小邊界可有效地使用 EnPI 邊界。步驟 1，EnPI 邊界是整個組織。在此情況下，宜將目標邊界劃分為多個 EnPI 邊界。接下來步驟，宜將 EnPI 範圍縮小至 SEU 程度，以鑑別能源績效可以改進之區域。

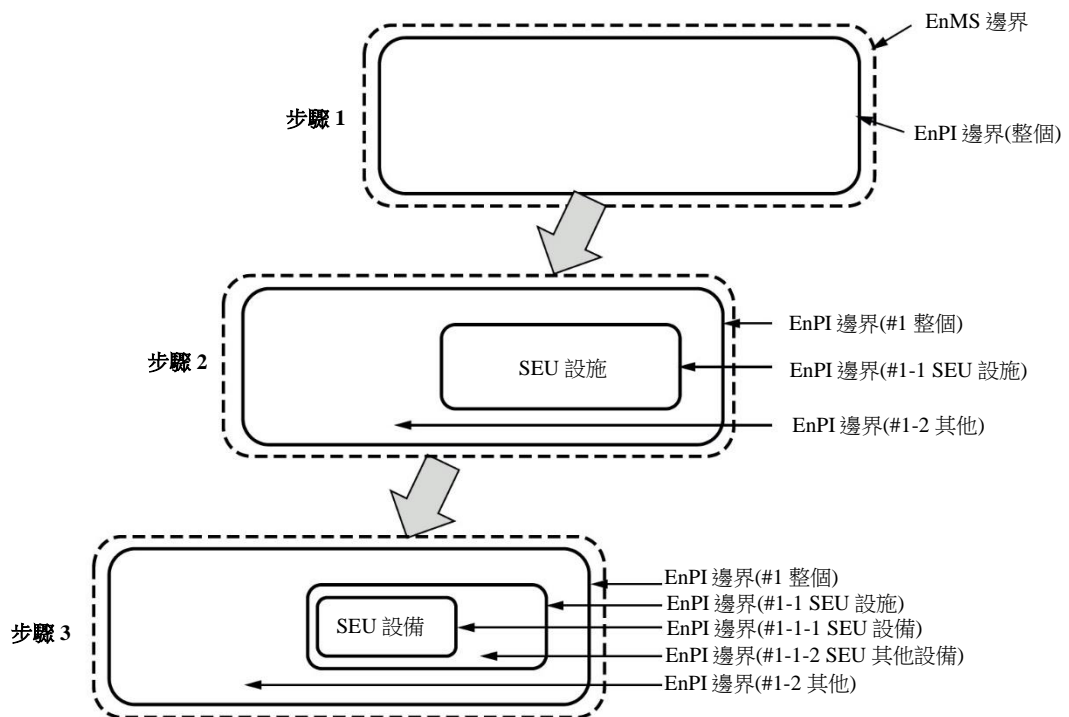


圖 B.1 EnPI 邊界劃分過程

在劃分 EnPI 邊界時，組織宜考慮：

- (a) 劃分數量宜最少。
- (b) 建議先將邊界分為 SEU 與其他二部分。
- (c) 以相同方式工作之設施宜歸為一類。
- (d) 設施可依據製程進行劃分(例：產品 X 之製程、產品 Y 之製程及公用)。
- (e) 可為 EnPI 邊界之每一個作業狀態建立 EnB。

作業狀態是指生產增加、正常作業、生產暫停、生產停止等。建議組織最低限度至少建立二個 EnB 作業狀態條件：生產條件下及非生產條件下。

附錄 C

(參考)

能源績效指標示例

表 C.1 提供有關 EnPI 表示之說明及其應用示例。其概述各種 EnPI 計算方法及組織何時宜選擇每一種方法。所有方法宜定期維護以確保結果之有效性。

表 C.1 EnPI 之表示－應用及示例

類別	典型用途	EnPI 及應用之示例	觀察
無相關變數(簡單度量, 參照 6.2.1.2.2)	<ul style="list-style-type: none"> — 量測能源絕對消耗量之減少量。 — 滿足基於絕對節省之管理要求。 — 瞭解能源消耗之趨勢。 — 於未影響消耗之相關變數情況下, 監督並決定能源績效改進。 — 能量值作為基本 EnPI, 用於瞭解實際能源使用情況並計算其他 EnPIs。 	EnPIs : <ul style="list-style-type: none"> — 能源消耗(kWh, GJ)。 — 照明用電量(kWh)。 — 鍋爐燃料消耗量(GJ)。 	<ul style="list-style-type: none"> — 不考慮相關變數之影響, 為大多數應用提供誤導性結果。 — 可從通用計量器/帳單中取得。
1 個相關變數(比值, 參照 6.2.1.2.3)	<ul style="list-style-type: none"> — 表示一設備或系統之能源效率, 特別是在標準或等同條件下。 — 監督僅有一個相關變數且無基本負載之系統的能源效率。 — 滿足基於能源效率之管理要求。 	EnPIs 及應用 : <ul style="list-style-type: none"> — 產量之 kWh/t。 — GJ/產品數量。 — L/100 km。 	<ul style="list-style-type: none"> — 僅有一個相關變數且無基本負載之情況下可能是合適的, 但於其他情況下會產生誤導。 — 除法規要求或其他要求另有要求外, 宜避免能源績效改進 SEC 類型 EnPI 值計算之度量。當要求 SECs 時, 於報告此等值時, 最好包含基本假設。 — 可能需要進行統計檢定, 以確認不存在基本負載且不存在其他相關變數。

表 C.1 EnPI 之表示－應用及示例(續)

類別	典型用途	EnPIs 及應用之示例	觀察
統計模型	<ul style="list-style-type: none"> － 具有一個或多個相關變數及重大基本負載能源消耗之系統。 － 於制度及組織層面。 － 於基線期內，決定相關變數範圍內之能源績效改進。 － 評估潛在之能源績效改進機會，例：藉由評估設備或製程之不同作業模式。 － 查證已實施之能源績效改進機會所節省之能源。 	<p>EnPIs：</p> <ul style="list-style-type: none"> － 已建模之基本能量單位。 <p>應用：</p> <ul style="list-style-type: none"> － 具一種或多種生產類型之生產設施的能源績效模型。 － 入住率及室外溫度可變之旅館的能源績效模型。 － 泵/風機能源消耗與流量間關係之模型。 	<ul style="list-style-type: none"> － 為一設施監督能源績效及決定能源績效改進時，許多開業者通常使用具一個或多個相關變數之線性迴歸模型，並將其作為最佳實務。 － 若邊界比較複雜時，於應用統計模型之前，宜依據組織、活動類型等劃分邊界。此劃分減少相關變數之數量，進而更容易檢查及維護模型之適當性。

表 C.1 EnPI 之表示－應用及示例(續)

類別	典型用途	EnPIs 及應用之示例	觀察
工程模型	<ul style="list-style-type: none"> － 補充能量流量測，並於某些情況下，用於從相關變數有效推斷或計算能量流。 － 在投資之前，於設計階段，為特定能源績效改進行動 (energy performance improvement action, EPIA) 從概念上優化能源績效或估算能源績效改進。 	<p>應用：</p> <ul style="list-style-type: none"> － 建築物建模 (包括校正模擬) 是依據工程模型計算 EnPI 值之另一個示例。 － 煉油廠模型。 － 即使相關變數非相互獨立 (例：溫度及壓力)，亦可使用工程模型。 － 電弧爐模型：除測得用電量及燃氣流量外，於爐中會添加碳粉以調整鋼之化學成分。此碳會增加爐之燃燒能量，雖然通常會追蹤袋子之數量，但製程模型通常用於計算能量貢獻。 	<ul style="list-style-type: none"> － 有時稱為模擬，工程模型可獲取簡單或複雜系統及設施之能源績效。 － 工程模型可壓縮大量相關變數，並在對測得性能進行適當校正時，提供有關製程及/或系統瞬態作業之見解。 － 若校正良好，工程模型可提供標準化基礎，以決定能源績效之改進。 － 基於工程之建模亦可直接計算能量損失或效益，例：額外之廢熱回收。 － 工程建模考慮邊界及靜態因子隨時間之變化。 － 工程建模於本標準範圍外之詳細資訊。

附錄 D

(參考)

標準化逐步過程示例

D.1 標準化準備

組織宜使用電腦表格或具數據分析功能之軟體，進行統計計算及標準化過程。適用時，亦可使用專業之統計分析套裝軟體。依據實際過程，組織可選擇線性或非線性模型。

下列項目適用於模型有效性之評估：

- 調整後之判定係數(R^2)可用於不同模型間之選擇。
通常，調整後之 R^2 值越高可視為代表模型越好。
備考：標準差亦可用於決定最合適之模型。具較低標準差代表較佳之模型。
- F 檢定用於評估迴歸模型之整體統計顯著性。當 F 檢定值小於 0.1 時，迴歸模型被視為具統計顯著性，表示模型中使用之潛在相關變數，至少有一個對能源消耗具“顯著”影響。
- P 值標準通常用於決定變數是否顯著影響能源消耗。例：小於 0.1 或 0.05 之 P 值通常作為顯著性標準。此等數字表示該變數有 90 % 或 95 % 之可能性具系統衝擊影響且為顯著的。

D.2 步驟 1—收集基線期數據

潛在相關變數之選擇是基於腦力激盪或考慮與輸入、輸出、過程及環境相關之變數(參照 5.5)。

考慮 EnPI 邊界，收集能源消耗數據及選定相關變數並製成表格，以進行進一步分析。

D.3 步驟 2—相關檢定

步驟 2 (可選)之目的初步分析能源數據及變數間之相關性。

宜對所有能源類型及所有潛在相關變數進行相關檢定，以獲得每一個別關係之判定係數 R^2 值。

備考：相關檢定用於評估 2 個或多個變數間之關聯性。

D.4 步驟 3—迴歸分析

進行迴歸分析以量化每一個潛在相關變數對能源消耗之影響。檢查迴歸分析之結果以決定哪些變數是相關的。

若多個變數不符合 P 值標準，則消除 P 值最高之變數，並對剩餘之變數重複迴歸分析。需要對消除變數之原因具技術上之理解。此可能因數據不精確或作業管控不善造成的。持續此過程直至所有變數之 P 值均小於 0.1。此為最終之能源模型及每一個相關變數之係數及截距作為基線模型。

檢查係數之顯著性後，可使用不同檢定及指標[例：變異數膨脹因子 (variance inflation factor, VIF)]，檢查可能導致分析結果失真之共線性。

附錄 E
(參考)
標準化示例

E.1 一般

以下示例為建築物之暖氣系統。其概述開發可用於決定及監督能源績效，並證明能源績效改進之能源模型所採取的基本步驟。

備考：燃氣消耗量通常以 m^3 為單位，但亦可表示為 kWh。換算公式為：燃氣消耗量(kWh)=[燃氣消耗量(m^3)×卡值×體積修正係數]/單位轉換係數。

E.2 能源數據之邊界及收集

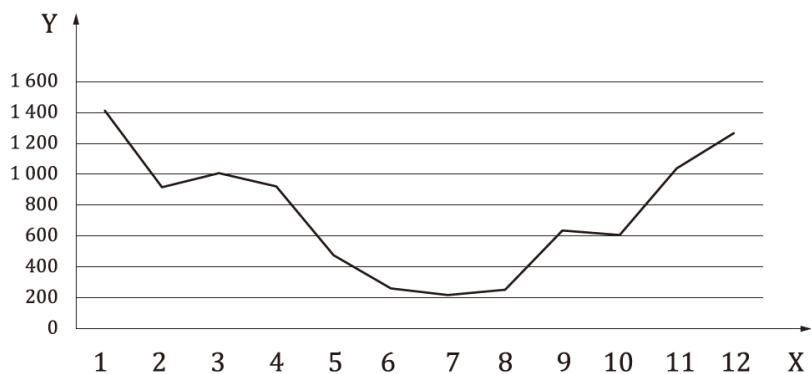
為整個建築物建立 EnPI 邊界，包括建築物所有使用之能源。此 EnPI 邊界之每月燃氣消耗數據是收集自基線期可利用之來源。基線期定為 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日，因該期間充分反映不同季節之所有作業條件。數據輸入至電腦表格中(參照表 E.1)。

表 E.1 基線期之每月消耗量

年	月	測得之燃氣消耗量 (kWh)
2020 (基線期)	一月	1,414
	二月	916
	三月	1,007
	四月	921
	五月	475
	六月	260
	七月	218
	八月	252
	九月	635
	十月	607
	十一月	1,038
	十二月	1,267

E.3 數據之初步分析

產生每月能源消耗數據與基線期相應月份圖(參照圖 E.1)，此表示在一年中隨季節變化之燃氣消耗量。



說明

- X 月(一月至十二月)
- Y 燃氣消耗量(kWh)
- 測得之燃氣消耗量(kWh)

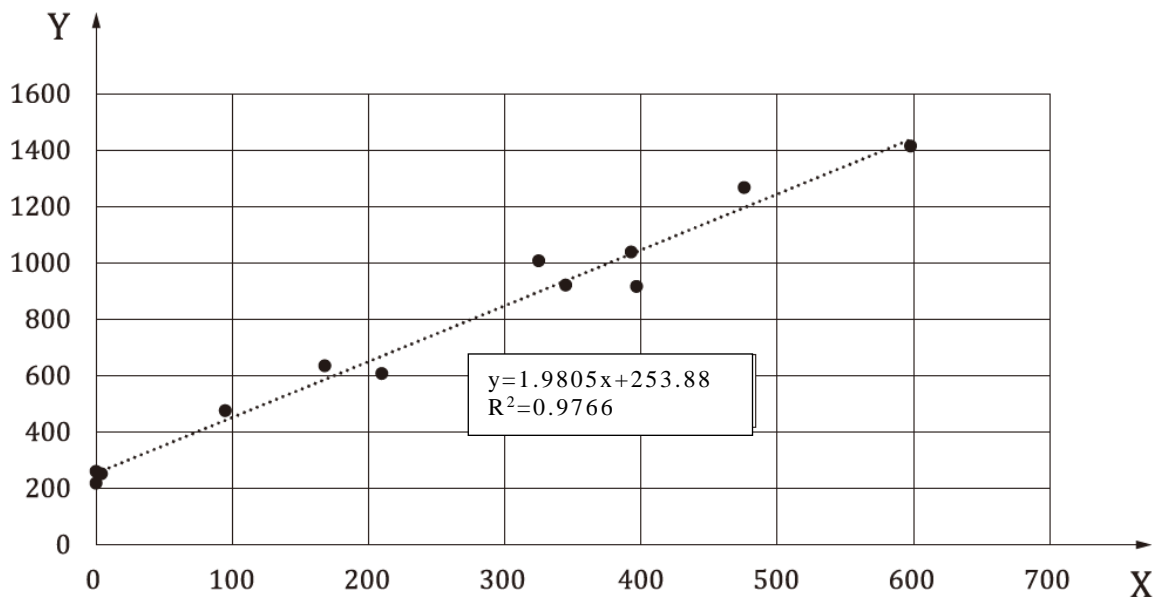
圖 E.1 燃氣消耗量與基線期 2020 年對應月份圖

夏季，暖氣裝置關閉時之消耗量顯示對加熱能源(此處為熱水、洗手等)之需求與季節(溫度)無關，但可視為全年之基本負載。此等觀察結果顯示，在決定建築物之能源績效及證明能源績效改進時，不適合使用簡單度量及比值，故需標準化。鑑於 EnPI 邊界內消耗之天然氣由加熱系統使用，收集暖房度日(HDD)(單位為 Kd)之數據作為潛在相關變數(參照表 E.2)。若 HDD 具統計顯著性，則選擇它作為相關變數。

表 E.2 消耗數據及暖房度日

年	月	測得之燃氣消耗量 kWh	暖房度日 Kd
2020 (基線期)	一月	1,414	598
	二月	916	397
	三月	1,007	325
	四月	921	345
	五月	475	95
	六月	260	0
	七月	218	0
	八月	252	4
	九月	635	168
	十月	607	210
	十一月	1,038	393
	十二月	1,267	476

HDD 數據輸入至電腦表格中，並繪製 HDD 數據與燃氣消耗數據之散佈圖。目視分析證實燃氣消耗量及 HDD 間存在線性關係(參照圖 E.2)。



說明

X 暖房度日(Kd)

Y 燃氣消耗量(kWh)

圖 E.2 2020 年每月燃氣消耗量與暖房度日之散佈圖

E.4 迴歸分析

選擇線性迴歸方法建立能源模型。為建立線性迴歸能源模型，使用能源消耗與 HDD 數據建立一條趨勢線(最佳適配線)(參照圖 E.2)。能源模型結果之表達如公式(1)之討論(參照 6.2.1.2)。

燃氣消耗量是 HDD 之函數，基本負載由常數表示，通常表示為燃氣消耗量[kWh/月] = 1.9805 (kWh/每月 HDD × 每月 HDD) + 253.88 (kWh/月)。

97 %之 R^2 表示存在合理之相關性。

備考：具較低值之 R^2 值的模型仍可用於產生有意義之結果。一般無法給出 R^2 閾值，因其高度依賴分析數據之變異數。

E.5 監督及報告能源績效並證明能源績效之改進

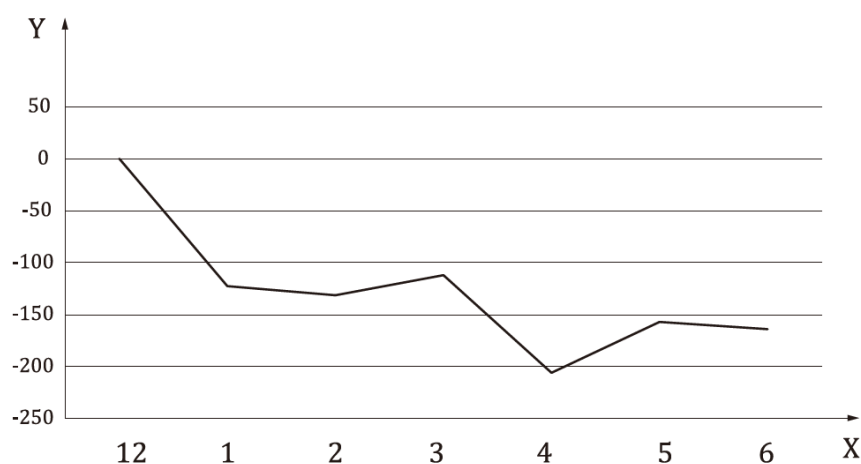
此能源模型可計算報告期內之預期能源消耗，以監督能源績效並決定能源績效改進。為此，取得 2021 年 1 月之 HDD 數據，並將其插入基於電腦表格之能源模型中，以計算 2021 年 1 月之預期能源消耗。然後將 2021 年 1 月之預期能源消耗(即 EnB)(1,466 kWh)(原文 11466 錯，表 E.3 為 1466，審完刪)與實際情況進行比較，2021 年 1 月之能源消耗量(1,343 kWh)及差異-123 kWh，顯示能源績效有所改進(參照表 E.3)。

每個月之監督方式與 2021 年 1 月相同，將每月之 HDD 數據插入能源模型中，計算預期能源消耗(即 EnB)。將預期能源消耗與實際能源消耗進行比較並計算差異。差異可能是正數，亦可能是負數，取決於當月之實際能源績效。

計算每個月實際能源消耗與預期能源消耗間之差異的累積和，以建立差異累積和(CUSUM)。CUSUM 之下降趨勢顯示能源績效持續改進(參照表 E.3 及圖 E.3)。

表 E.3 包括差異累積和(CUSUM)之數據

年	月	測得之燃氣消耗量 kWh	暖房度日 Kd	EnB(使用模型計算之預期消耗量) kWh	能源績效變化 (測得之燃氣消耗量-計算之燃氣消耗量) kWh	CUSUM 能源績效改進 kWh
2021 (報告期)	一月	1,343	612	1,466	-123	-123
	二月	968	365	977	-9	-131
	三月	957	345	937	19	-112
	四月	750	298	844	-94	-206
	五月	451	75	402	49	-157
	六月	247	0	254	-7	-164



說明

X (12 月至 6 月)

Y CUSUM 能源績效改進(kWh)

圖 E.3 使用 CUSUM 證明能源績效改進

於 2021 年報告期之 6 個月中，CUSUM 顯示能源績效改進 164 kWh。

此外，基於能源模型之實際能源消耗(包括基線期)與預期能源消耗之趨勢，突顯模型之適配擬合度，可用於鑑別報告期內之不規則性。

附錄 F

(參考)

標準化示例－多變數分析

F.1 流程與背景資訊

標準化示例中考慮下列資訊：

- (a) 公司屬於食品業，冷卻需求大。
- (b) 三種主要產品，產品 1、產品 2 及產品 3。
- (c) 產品 1 及產品 2 各自生產之部分數量，進一步加工生產為產品 3，即產品 1 及產品 2 之部分產量為產品 3 之原料。

F.2 步驟 1—收集基線期數據

EnPI 邊界與整個設施之用電有關，考慮到 4 個潛在相關變數：3 種產品中每一種產品之數量[產量以公噸(t)為單位]及以基本溫度為 5 °C 之冷房度日表示的外部氣溫(CDD5，單位為 Kd)。

表 F.1 顯示用電數據及潛在之相關變數。此等數據來自歷史基線期，通常為前 12 個月。

表 F.1 用電量數據

月	外部溫度 (CDD5) Kd	產品 1 t	產品 2 t	產品 3 t	實際用電量 kWh
01/11	26	329.17	2,963.26	1,388.18	3,062,456
02/11	49	361.77	3,052.9	1,389.96	2,900,987
03/11	83	425.11	3,248.11	1,514.3	3,121,863
04/11	209	339.17	2,850.36	1,385.05	2,933,486
05/11	290	419.35	3,370.76	1,599.93	3,385,952
06/11	346	471,32	3,062.72	1,561.18	3,385 400
07/11	396	429,44	3,132.3	1,587.08	3,342,738
08/11	486	481,97	3,058.92	1,501.05	3,641,060
09/11	402	420,67	2,892.72	1,528.71	3,492,160
10/11	229	304,43	2,925.89	1,429.84	3,068,278
11/11	122	413,14	3,134.95	1,523.18	3,065,000
12/11	23	360,37	2,328.19	1,277.08	2,861,263

F.3 步驟 2—相關檢定

表 F.2 顯示用電量及潛在相關變數間之判定係數(R^2)。在此案例中，其表明所有潛在相關變數與用電量間存在相關性。值得注意的是，衝擊影響最大的是此生產過程之用電量為 CDD5，判定係數為 0.79。

產品 3 與產品 1 及產品 2 間之相關性分別為 0.51 及 0.65。此可能是因為產品 3 是產品 1 及產品 2 之進一步加工版本。

在變數彼此強相關之情況下，儘管變數可能是相關，但存在共線性之可能性，此可能會扭曲迴歸分析之結果。若發生此情況，其將在迴歸分析步驟中變得明顯。

備考：若有其他能源數據，例：同期之燃氣消耗量，亦可包含於本次試驗中，以顯示變數與燃氣消耗量之相關性。

表 F.2 判定係數

R^2	CDD5	產品 1	產品 2	產品 3	用電量
CDD5	1				
產品 1	0.41	1			
產品 2	0.09	0.19	1		
產品 3	0.44	0.51	0.65	1	
用電量	0.79	0.61	0.20	0.57	1

F.4 步驟 3—迴歸分析

進行迴歸分析以建立要使用之能源模型。迴歸分析之結果顯示調整後之 R^2 為 0.813 及每一個相關變數之係數及 P 值。

表 F.3 顯示以用電量作為 y 值、4 個潛在相關變數作為 x 值之迴歸分析結果。若 P 值大於 0.1，則該變數將被消除。

表 F.3 迴歸分析結果

	係數	P 值
截距	2,057,245.67	0.02040426
CDD5	1,025.48825	0.01656071
產品 1	1,368.22095	0.17310276
產品 2	113.976063	0.67910114
產品 3	13.1290398	0.98953654

產品 3 之 P 值最高，大於 0.10，此表示其非相關變數，宜自迴歸分析中消除，並於無產品 3 之情況下進行進一步之迴歸分析。

若要從迴歸分析中消除潛在相關變數，則宜對消除理由具技術上之理解。於此情況下，技術理由是產品 3 與產品 1 及產品 2 之相關性。此相關性之理由是產品 3 為下游製程，其原材料包括一些產品 1 及產品 2。故產品 3 與產品 1 及產品 2 共線，此可能導致迴歸結果失真。消除潛在相關變數產品 3，與產品 3 相關之用電量分配至產品 1 及產品 2 中。

(多重)共線性可藉由使用各種檢定及指標[例：變異數膨脹因子(variance inflation factor,VIF)]進行檢查，並宜基於技術知識。

在沒有產品 3 之情況下，進行第 2 次迴歸分析之結果參照表 F.4。

表 F.4 迴歸分析結果

迴歸統計		
調整後之 R^2	0.83641511	
	係數	P 值
截距	2,064,718.81	0.00072199
CDD5	1,028.11902	0.00315467
產品 1	1,373.74914	0.10559249
產品 2	117.0083	0.40214443

基於第 2 次檢定，產品 2 之 P 值大於 0.1，需要從迴歸分析中刪除。

高 P 值之原因具技術或作業上之考量。經調查發現，產品 2 部門之作業管制不良。即使沒有生產，電力也在消耗。此為單變量分析中 P 值高而 R^2 低的一個非常常見之原因。此為低 P 值需要修正之原因。

在沒有產物 2 及 3 之情況下，進行第 3 次迴歸分析之結果參照表 F.5。

表 F.5 迴歸分析結果

迴歸統計		
調整後之 R^2	0.84036612	
	係數	P 值
截距	2,326,964.59	6.2428E-06
CDD5	1,034.57076	0.00216814
產品 1	1,594.66329	0.04920461

在此情況下，2 個變數之 P 值均低於 0.1，表示 2 個變數與用電相關之可能性超過 90 %。 R^2 是 3 項檢定中最高的。此使得預期能源消耗之基線公式具高度之可信度。

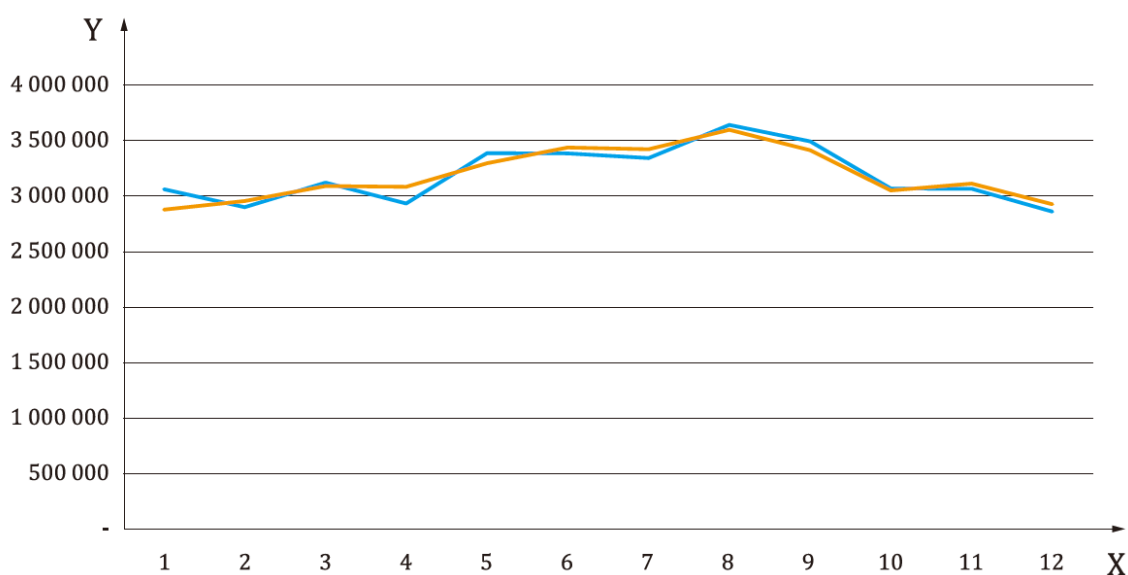
能源模型結果之表達如公式(1)之討論(參照 6.2.1.2)。

預期用電量是 2 個相關變數之函數，即冷房度日及產品 1。

基於此，本例中之基線模型為預期用電量(kWh/月)=1,595(kWh/t，產品 1)+2,326,965(kWh/月)+1,035(kWh/CDD5)。

然後在報告期內使用此公式，將每月之預期用電量與實際用電量進行比較。

圖 F.1 之趨勢顯示基線期內實際用電量與預期用電量之比較。此趨勢可使人們對基線公式之準確性充滿信心。



說明

X 月(一月至十二月)

Y 用電量(kWh)

— 實際用電量

— 預期用電量

圖 F.1 基線期 2020 年之實際用電量與預期用電量

備考 1. 在上述案例中，2021 年產品 2 部門改進作業管制，並於 2022 年初重複基線回歸分析。產品 2 之 P 值下降，並成為 2021 年基線模型中之相關變數，作為 2022 年每月監督績效之基線。

備考 2. 上述步驟可用於開發整個設施級之統計模型(參照本附錄)及 SEU、建築物或製程級。迴歸分析亦是相同。

附錄 G

(參考)

報告匯總資訊

使用統計或工程模型來計算 EnB 及相應能源標的，以便將其與量測得到之能源消耗進行比較，其優點是能源績效之所有變化均具有相同單位(例：kWh)，故可對不同類型之過程及系統進行總結，從而導致所有 SEUs 之能源績效發生全面變化。

此外，亦可計算及匯總能源成本及 CO₂ 排放量之變化。表 G.1 提供一個示例。

無論連結能源消耗與相關變數之數學函數形式為何，結果均需採用能源消耗單位，例：kWh 或 GJ。此等能源消耗數據可以相加得出整體結果。例：可將幾個 SEUs 在能源消耗之能源績效變化相加，得到能源績效之總變化。

表 G.1 能源績效指標值之匯總示例

設施/設備 /製程/ 系統	能源 類型	能源績效之變化			成本之變化		排放溫室燃氣之 變化	
		能源績 效之 變化 MWh	類型之 主要能 源因子	與主要能源 有關之能源 績效之變化 MWh	類型之 主要能 源單位 成本	能源成 本之 變化 \$	類型之 CO ₂ 排 放量之 因子 t/MWh	等同之 CO ₂ 排 放量 t
					\$/MWh			
設施 1	燃氣	-730	1.1	-803	50	-36,500	0.18	-131.4
	電	10	2.5	25	140	1,400	0.61	6.1
製程 1	電	-468	2.5	-1,170	140	-65,520	0.61	-285.48
非 SEUs	燃氣	-12	1.1	-13	50	-600	0.18	-2.16
	電	-21	2.5	-53	140	-2,940	0.61	-12.81
邊界內所有場所(匯總)	—	-1,221	—	-2,014	—	-104,160	—	-425.75

參考資料

[1] CNS 50001 能源管理系統－附使用指引之要求事項

相對應國際標準

ISO 50006:2023 Energy management systems – Evaluating energy performance using
energy performance indicators and energy baselines