

廠房技術手冊之建築能效分級評估 與操作實務

目錄

| | | |
|----|--|----|
| 壹、 | 前言 | 5 |
| 貳、 | 從「近零」到「零」 | 7 |
| | (一) 減少需求 | 8 |
| | (二) 提升效率 | 9 |
| | (三) 再生能源 | 10 |
| 參、 | 國際建築能效評估工具說明 | 13 |
| 肆、 | 台灣建築能效標示制度說明 | 25 |
| 伍、 | 建築能效評估與國內外綠建築標章之綜效 | 29 |
| | Preliminary Energy Use Analysis | 30 |
| | ASHRAE Level 1: Walk Through Energy Audit | 30 |
| | ASHRAE Level 2: Energy Survey and Analysis | 30 |
| | ASHRAE Level 3: Detailed Survey and Analysis | 31 |
| 陸、 | 廠房類建築節能與操作實務 | 33 |
| | 案例一、台北市某科技廠房 | 33 |
| | 案例二、桃園市某傳統廠房 | 34 |
| 柒、 | 結論 | 37 |

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 一、2011 ~ 2021 初級能源強度提升率 | 7 |
| 圖 二、能源之星標誌於電器產品(左圖)與建築物(右圖)。 | 14 |
| 圖 三、ENERGY STAR NextGen 認證標識 | 15 |
| 圖 四、ENERGY STAR Portfolio Manager 操作頁面..... | 17 |
| 圖 五、ENERGY STAR Score 設計概念，縱軸為百分位數顯示最佳 能耗表現(100, 即最節能的專案能耗)與最糟能耗表現(1, 即最不節能的專案能耗)，橫軸為能耗量。 | 18 |
| 圖 六、ENERGY STAR 節能廠房標識 | 19 |
| 圖 七、EPI 計算器之廠房基本資料填寫頁面..... | 21 |
| 圖 八、EPI 計算器之廠房能耗資料填寫頁面與計算結果頁面 | 21 |
| 圖 九、USGBC 總部 LEED V4.1 O+M 認證得分..... | 23 |
| 圖 十、ARC 平台能源數據輸入頁面 | 23 |
| 圖 十一、建築能效分級標示，由左而右分別為新建建築標示、既有 建築標示、既有機構標示、既有便利店標示。 | 28 |

表目錄

| | |
|-----------------------|----|
| 表 一、廠房節能之三步驟..... | 11 |
| 表 二、建築能效評估系統說明..... | 26 |
| 表 三、六類 12 組之適用對象..... | 27 |

壹、前言

淨零的緣起，來自於地球被溫室效應影響，不斷攀升的溫度所衍生的各種衝擊。為了將地球的升溫控制在 1.5°C，全球都必須戮力達成淨零的目標。在 2015 年由聯合國宣布的「2030 永續發展目標」中，第七項目標即為「乾淨且能負擔的能源」，總體目標為「確保所有人都能取得負擔得起、可靠、永續且現代化的能源」，其細項指標包含發展乾淨能源與技術、提升能源效率、擴大投資永續的能源服務。顯見「節流」與「開源」，是邁向淨零的唯一辦法。根據國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 的統計數據¹，全球的經濟活動受新冠肺炎疫情影響而趨緩，在 2020 年，包含產線耗能等直接由工廠排放的二氧化碳量下降了 1.6%，總排放量約為 8.7 兆噸二氧化碳(8.7 Gt CO₂)。然而，隨著疫情變化的二氧化碳排放量並非穩定長久的發展趨勢，二氧化碳排放量最終會隨著疫情的舒緩而又隨之上升。如欲實現永續發展的願景，在 2030 年之前，工業的二氧化碳排放量必須逐年下降 1.2%，總排放量降至 7.4 兆噸二氧化碳(7.4 Gt CO₂)。

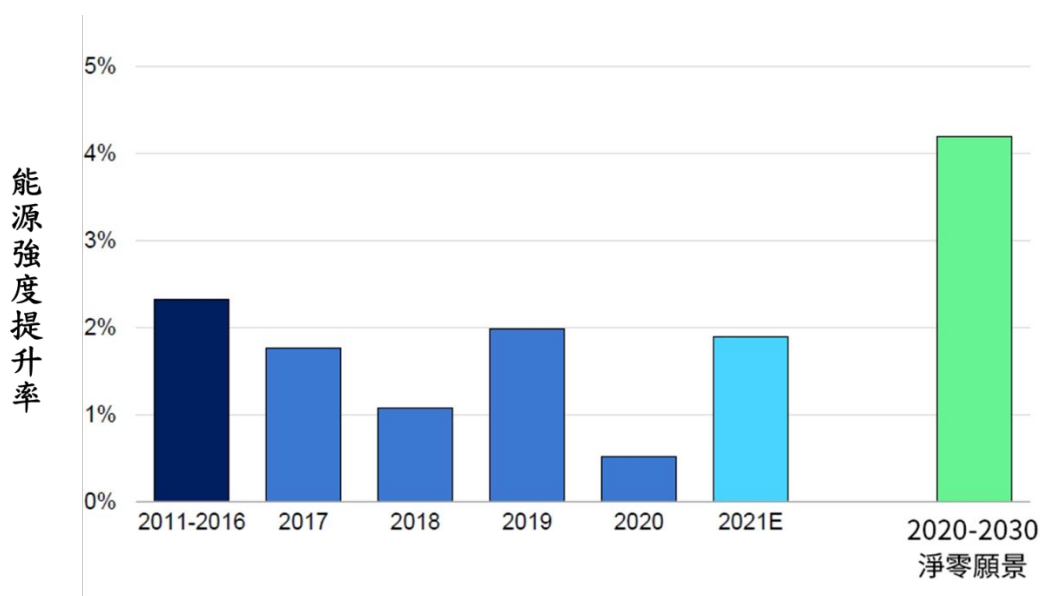
工業設施減碳存在著許多挑戰，例如隨著人口增長與生活品質提升，工業設施與廠房數量可預期的會持續增長，但二氧化碳排放量卻必須逆勢降低，顯見製程節能與廠房節能的重要性。再者，目前國內

¹ International Energy Agency <https://www.iea.org/>

多數的新建廠房，在設計初期就會進行建築技術規則的綠建築專章檢討，抑或是導入國內外的綠建築認證，本質上應都有一定程度的節能效益。然而，既有廠房的數量佔比遠超過新建廠房，且部分廠房的使用年限可能都超過 30 年，建築外殼的殼熱效果不佳，建築物內部的配置可能也因為不斷調整的產線，而讓設備與管線的盤查變得更複雜，節能策略的擬定也就更為不容易。因此，一套容易使用的建築能效評估系統，將可以引導企業主與營運管理團隊自我評估節能績效，進而循序漸進提升既有廠房節能績效，加速實現淨零的願景。此外，建築物節能分級標章可以輔助讓消費者與投資者更清楚該建築物的性能，進而增強其投資信心。本手冊解析常被國內領導型企業用來量化 ESG 永續目標的美國能源之星能源性能指數 (Energy Star Energy Performance Index, EPI)，以及美國綠建築 (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) 認證系統針對既有建築最新的採用的 ARC for LEED 節能評估方式，同時說明國內開發中的建築能效評估系統 (Building Energy-Efficiency Rating System, BERS)，探討目前發布的版本對於廠房類建築的適用性及其對於國內外綠建築認證的綜效益，最後分享透過能耗稽核 (Energy Audit) 來協助既有廠房節能改善的實務操作。

貳、從「近零」到「零」

國際能源署在 2021 年所發布的 “Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector”，揭露了全球淨零排放的理想里程碑與時間表，其中被用來衡量全球能源使用效率的關鍵指標 - 能源強度 (Energy Intensity)，在 2050 年必須達成年增長 4% 的提升率，淨零願景方可實現。然而，從初級能源強度提升率逐年發展趨勢圖可以發現，2011 年到 2016 年間的平均能源強度提升率為 2.3%，遠低於 2050 年的淨零願景目標。2017 年到 2018 年的發展趨勢不升反降，2019 年雖有所提升，但卻被隨之而來的新冠肺炎疫情壓制，導致 2020 年只有 0.5% 的提升率。



圖一、2011 ~ 2021 初級能源強度提升率²

² 擷取自國際能源署 Energy Efficiency 2021，其中 2011 ~ 2016 之數值為 5 年平均值，2021 年的數據是由 2021 年 World Energy Outlook 內容估算，淨零願景的數據是國際能源署所發布的 2050 淨零願景，2020 ~ 2030 能源強度提升率為 10 年平均值。

正如媒體上經常播放的畫面，疫情雖重創了經濟發展，卻也給了永續發展一次調整的機會。2020 年的能源強度提升率大幅下跌，是因為疫情暫停了全球的經濟活動，能源需求與能源價格隨之降低，節能改善的效益也隨之放緩。這樣的發展趨勢是暫時性的，因為當疫情舒緩，指標旋即會回復到正常的數值。值得注意的是，疫情對於各類經濟活動的發展所造成的長遠影響，飯店與旅遊業等能源密集度較低的產業類型，為了因應後疫情時代的各種不確定性，營運模式必須做出改變，能源使用需求下降，更多節能減碳的壓力將轉移到建築產業與工業，而且減碳的努力與改進的速度必須翻倍，且逐步達成階段性減碳里程碑，從“近零”走向“淨零“，方能達成 2050 的淨零願景。

根據國際能源署的估算³，2030 年全球的經濟發展將會增長 40%，但能源消耗必須逆勢減少 7%，這樣的里程碑必須同時仰賴節能技術的發展以及再生能源佔比的大幅提升。在此，本手冊提出從近零邁向淨零的三大步驟，協助企業主擬定未來淨零的時程與策略。

(一)減少需求

減少需求是啟動節能計畫的序曲，但卻常常被忽略。執行建築設計之前，必須先針對建築基地的物理環境與氣候條件進行詳盡的調查，導入被動式設計(Passive Design)的概念，盡可能善用

³ IEA Net Zero by 2050 <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

大自然的資源來取代化石燃料的使用率。被動式設計與常見的風能和太陽能發電等主動式再生能源系統不同，節能效益需先透過建築設計奠定基礎，例如在基地周邊利用綠帶(景觀植栽)與藍帶(生態水池)來創造舒適的微氣候，降低熱島效應，進而降低空調負荷的能耗。開放空間不足的基地，仍可善用相關的模擬技術輔助建築設計來獲取自然資源，例如利用日照模擬分析，檢討空間自主日照量(Spatial Daylight Autonomy, sDA)與年度日光曝曬量(Annual Sunlight Exposure, ASE)，評估室內空間接收到足夠日照的營運時間(sDA)以及過多日光曝曬的風險(ASE)，進而利用光導板延伸自然日照進入到室內的深度，減少人工照明的能耗量，並利用遮陽系統阻絕過量日照，創造舒適的工作環境與降低因過量日照衍生的空調負荷。

(二)提升效率

使用高效率設備，能有效利用能源且降低碳排放。然而，許多企業主做採購決策的依據只有設備成本，而忽略了高效率設備所帶來的降低營運成本效益。透過投資報酬率計算、生命週期成本評估等方式，可以提供企業主更客觀的價值工程分析數據，進而做出更好的決策。新建建築需要遴選高效率設備，既有建築更應檢討能耗設備的能耗表現，並針對老舊設備制定逐步汰換的計

畫。筆者過去執行既有建築能耗稽核的經驗中，發現既有廠房常因為保養得當，老舊設備並未出現重大的損壞，且產品製造良率也一直維持在穩定的狀態，故企業主並未有汰舊換新的計畫。例如早期設備通常配置 IE1 等級(馬達效率分級 International Energy + 等級，1 為高效率，4 為超優及效率)的馬達，迄今常見的高效率馬達多為 IE3 或 IE4 等級，即使馬達運作狀況良好，IE1 與 IE4 的額定效率在低馬力狀況下，可差距超過 10%，如再加上定頻與變頻的操作差異，能源使用效率的差值將會更加顯著。

(三)再生能源

再生能源是淨零的最後一塊拼圖，在竭盡所能的降低能源使用率之後，需要使用乾淨的再生能源來取代化石燃料，平衡能源使用需求。在政府相關政策，包含再生能源發展條例等的支持與鼓勵下，越來越多廠房善用屋凸層空間區域、停車場等開放空間設置太陽能板等再生能源系統，其所產生的再生能源，可依據需求自用、全額躉售或是餘電躉售給台電公司。不論採用哪一種方案，除了再生能源本升的減碳效益外，利用太陽能板覆蓋原本太陽曝曬的鋪面面積，都可抑制熱島效應，對於節能減碳做出貢獻。而設置再生能源系統最值得關切的議題，是必須因地制宜，選擇適合當地的再生能源系統。以太陽能發電為例，根據中央氣象局

的總日照時數數據⁴，台灣北部地區的年度總日照時數為全國最少，在2020年甚至只有南部總日照時數的一半，發電效率較差，故能對節能減碳做出的貢獻有限。

上述三個節能減碳的步驟可分別應用於新建廠房或既有建築，各別的策略整理於下表。

表一、廠房節能之三步驟

| 順序 | 步驟 | 新建廠房策略 | 既有廠房策略 |
|----|------|--|--|
| 先 | 減少需求 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 分析基地物理環境與氣候條件，評估可以善用的自然資源項目，並導入被動式設計策略。 ✓ 使用者與營運團隊參加設計檢討，確認空間使用需求，避免過量設計。 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 設置能源管理系統，依據建築物使用狀態與營運狀況滾動式調整能耗系統操作參數。 ✓ 提升使用者節能意識，透過行為改變創造減碳效益。 |

⁴ 交通部中央氣象局 <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/>

| | | | |
|---|------|--|--|
| 中 | 提升效率 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 透過能耗模擬、投資報酬率分析與生命週期成本評估，選用高效率設備。 ✓ 建立建築自動化系統與需量管理機制(如電能需量管理、新風量需量管理)等，優化操作程序。 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 針對老舊設備擬定逐步汰換計畫，逐漸將能耗設備升級為高效率且變頻操作之機組。 ✓ 定期實施既有建築性能驗證，修正部分元件老化或損壞所衍生的耗能問題。 |
| 後 | 再生能源 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 估算再生能源取代率，並設置較適合基地當地條件的再生能源選項。 ✓ 採購碳權或離場再生能源(非當地電網產生之再生能源)，間接支持再生能源產業發展。 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 估算再生能源取代率，並設置較適合基地當地條件與結構安全的再生能源選項。 ✓ 採購碳權或離場再生能源，間接支持再生能源產業發展。 |

參、國際建築能效評估工具說明

為了實現 2050 年的淨零願景，各個先進國家都建立並推行了節能標章制度，且建築物節能標章、耗能設備節能標章以及綠建築標章相輔相成，構成完整的能效評級系統。根據歐盟標準 EN15203 (2006)、EN15203 (2007)以及國際標準 ISO16346 (2013)的定義，眾多的建築物能效評估標章或方法，可依據其評估的數據來源區分為「計算評估法 (Calculated Rating)」與「能源單據評估法 (Measured Rating)」⁵。各國的評級系統內涵與評級方法，在內政部建築研究所發行的「綠建築評估手冊－建築能效評估系統」⁵有詳細的說明，本手冊不多做贅述，以下僅介紹可以讓企業主或營運團隊很快掌握自屬建築物能耗效率狀態的評估工具。

能源之星 (ENERGY STAR®) 是由美國環保署在 1992 年所建立，迄今已是全球最知名的能效標誌。能源之星計畫的目的是透過選用高效率的能耗設備，降低能源消耗及減少發電廠所排放的溫室效應氣體。最早推動能源之星認證的的產品微電腦等資訊電器，之後逐漸延伸到電機、辦公室設備、照明、家電以及建築材料等等。美國環保署於 1996 年起積極推動能源之星建築物計畫，由環保署協助自願參與業者評估其建築物能源使用狀況（包括照明、空調、辦公室設備等）、規劃該

⁵ 內政部建築研究所，綠建築評估手冊－建築能效評估系統(2022)。

建築物之能源效率改善行動計畫以及後續追蹤作業，所以在一些導入環保新概念的住家或工商大樓中也可發現能源之星的標誌。



圖 二、能源之星標誌於電器產品(左圖)與建築物(右圖)⁶。

能源之星計畫後續針對不同的建築物使用類型，也開發出不同的能效評估認證以及能耗基準評估工具(Benchmark)。在住宅方面，除了常見的高性能建築認證(圖二右)，美國環保署另推出 ENERGY STAR NexGen 認證計畫，認證對象為一般住家與公寓，認證目的則為了向消費者證明開發商所打造的房子，不僅符合 ENERGY STAR 新建住宅的節能要求，更進一步導入先進高效率的電子技術以及電動車充電系統，以滿足未來生活的想像與需求。

⁶ 美國能源之星 <https://www.energystar.gov>

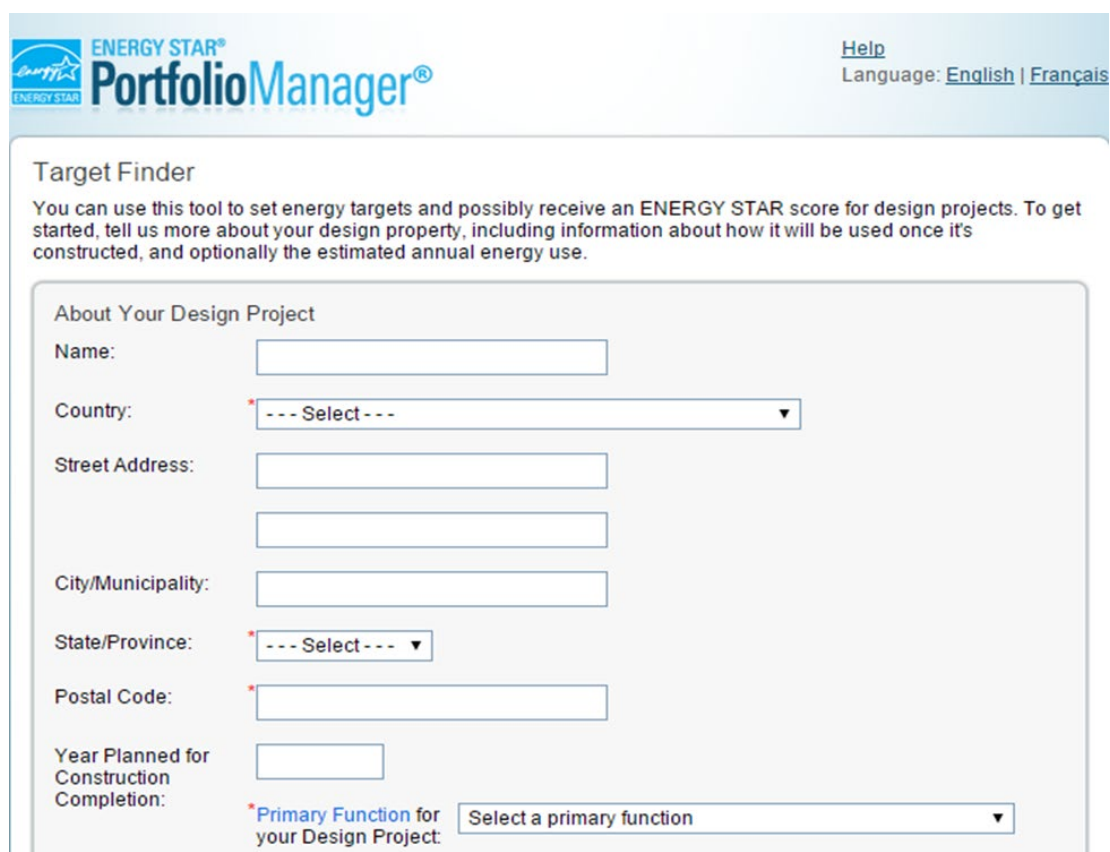


圖 三、ENERGY STAR NextGen 認證標識

商用建築方面，以 ENERGY STAR 長久累積的數據為基礎，開發出投資組合管理工具(ENERGY STAR Portfolio Manager)，Portfolio Manager 是一種交互式資源管理工具，可在安全的線上系統上對任何類型建築的能源使用進行基準評估。將近 25% 的美國商業建築已經利用 Portfolio Manager 進行能耗基準測試，其也是加拿大的國家基準工具。

下圖為 ENERGY STAR Portfolio Manager 的操作頁面，使用者可以在其首頁(<https://portfoliomanager.energystar.gov/pm/login.html>)免費註冊一組帳號密碼，建立專案之後即可進入下圖的畫面。此系統可以分別給新建建築設定節能目標，以及既有建築建立能耗基準。新建建築方面，其功能稱之為“Target Finder”，輸入專案地點、總樓地板面積、使用類型等基本資料後，即可依據使用者設定的 ENERGY STAR Score 目標，推算出該專案年度的能源用量。目前施行的第四版本美

國綠建築認證系統 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)，其新建建築(Building Design and Construction)與新室內裝修(Interior Design and Construction)標準中，如擬利用能耗模擬(Energy Modeling)的方式爭取節能分數，必須先執行 Target Finder 的作業，藉以跟能耗模擬的數據做交叉比對，避免能耗模擬團隊的相關條件設定偏差過大，產生無意義的模擬結果(Garbage in, garbage out)。既有建築方面，運用相同的系統，並逐月輸入專案的能源使用數據，即可推估出專案的 ENERGY STAR Score，進而推估出專案的節能潛力。



The screenshot shows the 'Target Finder' tool interface. At the top left is the ENERGY STAR logo and 'PortfolioManager' text. At the top right are links for 'Help' and 'Language: English | Français'. The main heading is 'Target Finder'. Below it is a descriptive paragraph: 'You can use this tool to set energy targets and possibly receive an ENERGY STAR score for design projects. To get started, tell us more about your design property, including information about how it will be used once it's constructed, and optionally the estimated annual energy use.' The form is titled 'About Your Design Project' and contains the following fields:

- Name:
- Country:
- Street Address:
- City/Municipality:
- State/Province:
- Postal Code:
- Year Planned for Construction Completion:
- Primary Function for your Design Project:

Gross Floor Area: Temporary Value

Gross Floor Area is the total floor area, expressed in square feet or square meters, measured from the principal exterior surfaces of the building(s) and not including parking area(s). [Learn More](#)

How many physical buildings will be part of your property?

- None: My property is part of a building
- One: My property is a single building
- More than One: My property includes multiple buildings ([Campus Guidance](#))

How many?

Property Use Details

In order to provide you with metrics about your design, we need to know how the space in this property will be used. Based on the primary function you selected, we are assuming this is how the floor area of this property will be used. If your property has multiple uses you can add them below in order to correctly classify the square footage of your design property.

Estimated Design Energy (Optional)

If you have an estimate of how much energy your design property will use annually, enter it below to receive a score (if available) and energy metrics for your design. You can then use these metrics to compare to your target and/or property's performance (in the future). To get the most accurate metrics, provide estimates for total annual energy from each energy type.

I don't have (or don't want to) enter energy estimates.

| <input type="checkbox"/> | Energy Type | Units | Estimated Total Annual Energy Use | Energy Rate (\$/unit) |
|--------------------------|--|---|-----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="text" value="Electric - Grid"/> | <input type="text" value="kBtu (thousar)"/> | <input type="text"/> | \$ <input type="text"/> / <input type="text" value="kBtu (thousar)"/> |

[Delete Selected Entries](#)
[Add Another Entry](#)

Target

You can choose either a Target ENERGY STAR Score or a Target % Better than Median to see how much energy your property would need to be consuming annually to reach your target. If you have estimated your property's annual consumption, you can compare this against your target.

- Target ENERGY STAR Score

 (1-100)
 - ENERGY STAR Scores are not available for every type of property because of availability of reliable reference information.
- Target % Better than Median

 This is calculated based on the median property. For example, you might like your property to be 20% better than a typical property of the same type.

[Cancel](#)

圖 四、ENERGY STAR Portfolio Manager 操作頁面⁷

⁷ ENERGY STAR Portfolio Manager <https://portfoliomanager.energystar.gov/pm/login.html>

如下圖所示，ENERGY STAR Score 的設計概念是將美國參與 ENERGY STAR 建築節能評估的專案能耗數據彙整，並將建築物使用類型、氣候區、營運時間等特性均一化，藉以比對相同類型建築物的能耗表現。ENERGY STAR Score 50 分為產業平均能耗值，分數越高代表該案的節能效果越佳，分數越低則是該專案越耗能。

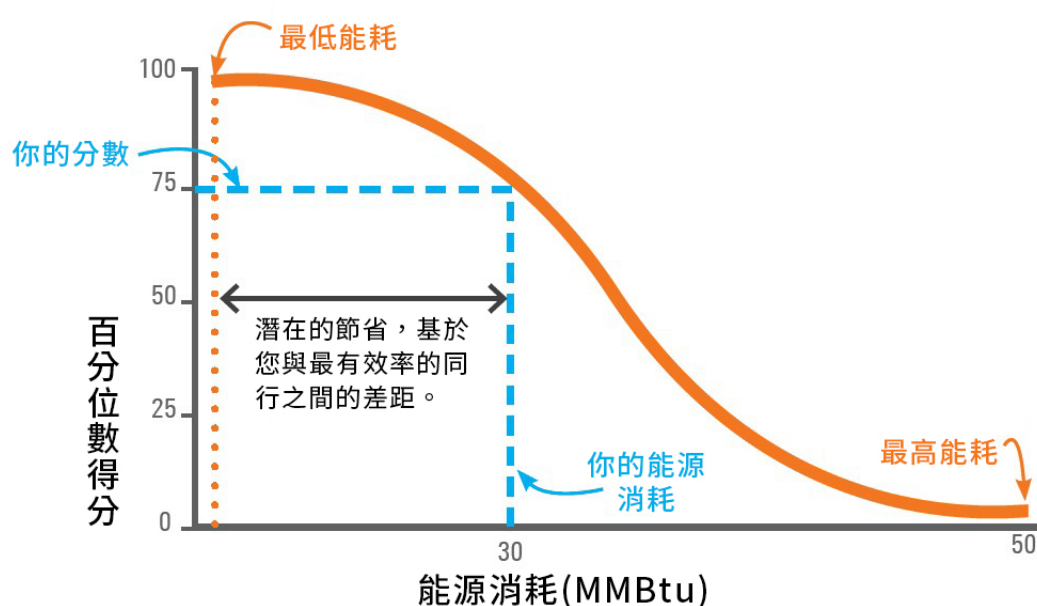


圖 五、ENERGY STAR Score 設計概念，縱軸為百分位數顯示最佳能耗表現(100, 即最節能的專案能耗)與最糟能耗表現(1, 即最不節能的專案能耗)，橫軸為能耗量。

有別於商用建築，廠房的能耗表現會因為產業別而有極大的差異，不容易使用均一化的大數據來進行基準評估。因此，美國環保署另開發了廠房類的 ENERGY STAR 節能認證，其標識如下圖所示。



圖六、ENERGY STAR 節能廠房標識⁸

ENERGY STAR 節能廠房認證是用於美國和加拿大的部分製造工廠，製造工廠必須計算行業特定的能源之星能源績效指標(Energy Performance Index, EPI)，如能達到 75 分或更高的能源之星分數，即可取得認證。與 ENERGY STAR Score 的概念相同，EPI 是工業廠房能耗基準評估工具，可以評估廠房的節能績效，並將其與類似廠房的節能績效進行比較，從而產生 1 到 100 分的評分。目前已建立能耗數據資料庫的製造業類別為：

- ✓ 汽車裝配(Automobile Assembly)
- ✓ 水泥製造(Cement Manufacturing)
- ✓ 商業麵包製造(Commercial Bread & Roll Bakery)

⁸ ENERGY STAR 節能廠房認證 https://www.energystar.gov/industrial_plants/earn-recognition/plant-certification

- ✓ 容器玻璃製造(Container Glass Manufacturing)
- ✓ 曲奇餅乾麵包製造(Cookie and Cracker Bakery)
- ✓ 平板玻璃製造(Flat Glass Manufacturing)
- ✓ 馬鈴薯加工(Frozen Fried Potato Processing)
- ✓ 綜合紙張和紙板製造(Integrated Paper and Paperboard Manufacturing)
- ✓ 綜合鋼鐵製造(Integrated Steel Manufacturing)
- ✓ 果汁加工(Juice Processing)
- ✓ 金屬鑄造(Metal Casting)
- ✓ 製藥業(Pharmaceutical Manufacturing)
- ✓ 紙漿廠(Pulp Mill)
- ✓ 濕玉米碾磨(Wet Corn Milling)

以水泥製造業為例，使用者可以先到 ENERGY STAR 的節能廠房頁面⁹下載 EPI 計算器(Excel 檔案)，開啟計算器之後，填寫 EPI 工作表內的相關內容，包含廠房基本資料、當前的能耗數據以及比對年

⁹ 節能廠房 EPI 計算器下載頁面 https://www.energystar.gov/industrial_plants/earn-recognition/plant-certification/how-to-apply

的能耗數據，即可取得廠房的 EPI 數據，如下圖所示。

圖 七、EPI 計算器之廠房基本資料填寫頁面

圖 八、EPI 計算器之廠房能耗資料填寫頁面與計算結果頁面

不論是使用 ENERGY STAR Portfolio Manager 或 ENERGY STAR EPI 進行資產與廠房能耗表現的管理，其優勢是淺顯易懂，使用者僅需輸入能源使用單據的相關數據，即可透過大數據比對，計算出專案的基準值與可能的節能潛力。此外，這種節能績效評估的方式，即是上一章節所提到的「能源單據評估法(Measured Rating)」，評估結果將

含括專案的硬體效能、營運特性以及員工的節能意識與習慣，可以提供全面性的評估結果。而利用 ENERGY STAR 相關工具進行管理的缺點則是比對數據仍是以美國及加拿大的資料庫為主，不一定能適當的將氣候與區域因素均一化。

本文另介紹一套也是運用「能源單據評估法(Measured Rating)」的節能績效評估工具 ARC¹⁰，ARC 是目前美國綠建築 LEED 最新版本 LEED v4.1 既有建築(Operation and Maintenance, O+M)認證的核心評估工具。雖然在過去 20 年的時間裡，LEED 已經成為全球綠建築產業的共同語言，但主管單位美國綠建築協會(U.S. Green Building Council, USGBC)仍持續精進，希望能讓 LEED 成為完全聚焦在建築物性能的綠建築評估系統。是故，最新版的 LEED v4.1 O+M 認證系統裡，拋棄了過去繁文縟節的認證文件，利用 ARC 即時評級系統，針對能源、用水、廢棄物管理、使用者經驗以及交通五項量化指標進行評估。只要完成 LEED v4.1 O+M 的專案註冊，並繳交美金 1,500 元的註冊費，即可開始使用 ARC 進行建築性能的即時評估。如下圖所示，五項量化指標總分達 90 分，主導了 LEED 認證的 90% 得分，其中能耗的部分佔總分的 33 分。能耗的分數區分為溫室氣體排放量以及能源使用兩大部分，因此，除了建築物自身的節能須不斷精進以外，

¹⁰ Arcskoru <https://arcskoru.com/arc-leed>

還需要考量所使用的能源類型是否為潔淨能源。圖十為 ARC 平台的能源數據輸入頁面，由圖示可以發現，ARC 的數據格式簡潔易懂，直接輸入能源單據上的使用量，並換算能源費用幣別即可開始進行估算。此外，其格式與 ENERGY STAR Portfolio Manager 相同，故可跨平台使用。

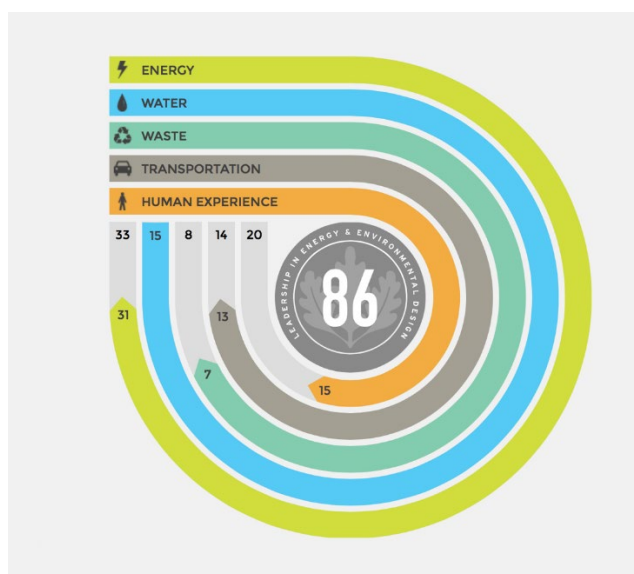


圖 九、USGBC 總部 LEED V4.1 O+M 認證得分

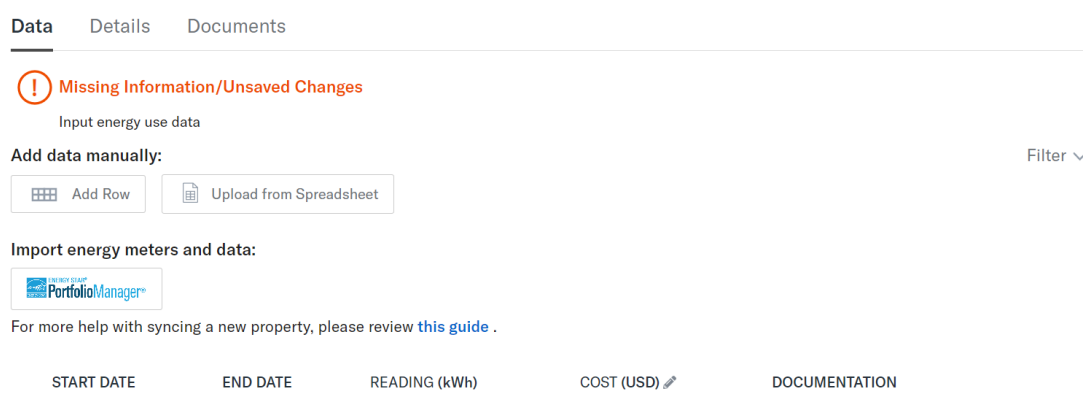


圖 十、ARC 平台能源數據輸入頁面

與 ENERGY STAR 不同的是，ARC 用來比對節能效益的數據，非美國與加拿大參與 ENERGY STAR 計畫的建築物能耗數據，而是參與 LEED v4.1 O+M 的專案能耗數據。因 LEED 認證原就是較高標準的綠建築認證系統，因此自願參與 LEED 認證的建築物必然會有較高的性能表現，能在 ARC 取得較高能源分數的專案，實際的節能表現會更加優異，而 ARC 平台也可被視為一個銜接近零到淨零的關鍵工具。

肆、台灣建築能效標示制度說明

台灣同是地球上的一分子，理應順應全球的趨勢，契合國際能源署所提出 2050 淨零路徑。根據經濟部能源局的統計¹¹，我國 108 年度部門別的碳排放量與佔比依序分別是製造部門(48.90%)、能源部門(14.51%)、運輸部門(13.99%)、住宅部門(10.97%)、商業部門(10.45%)以及農業部門(1.18%)。相較於製造廠房，住宅與商業建築的種類較為單純，且在既有的綠建築標章政策基礎上，較適合先行建立建築能效評估計畫，率先邁向淨零的路徑。因此，內政部建築研究所在 2022 年首先針對商用建築發表「綠建築評估手冊－建築能效評估系統(EEWH-BERS)」，期能搭配「綠建築評估手冊－既有建築類(EEWH-EB)」，以及研發中的住宅類建築能效評估系統，將國內的住商類建築物推向建築物最高能效的目標。

國內建築能效評估與分級制度的推動方式，將依循綠建築標章的推動模式，由公有建築物帶頭做起，可以藉此累積實戰經驗及降低初期推動阻礙外，也可同步宣傳「建築能源效率標示」給予大眾以提供基礎的認識，再進一步引導民間建築跟進。此外，新建建築先採取鼓勵方式，再逐步修訂法規強制實施。公有既有建築將採強制實施，民間既有建築採則以鼓勵之獎補助方式為主。建築能效評估系統適用的

¹¹ 經濟部能源局 108 年度我國燃料燃燒 CO2 排放統計與分析

建築物包含新建建築與既有建築，對象與功能詳述於下表。

表 二、建築能效評估系統說明

| 主系統 | 次系統 | | 評估依據 | 適用對象與功能 |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|---|--|
| 建築能效評估系統 BERS (非住宅類專用) | 新建建築能效評估系統 BERSn | | 建築外殼節能設計效率 EEV、空調系統設計效率 EAC、照明節能設計效率 EL | 六類 12 組新建建築之設計能效揭露 |
| | 既有建築能效評估系統 | 既有建築能效評估系統 BERSe | 建物營運條件、建築圖說修正電費單資料 | 六類 12 組既有建築之營運能效揭露 |
| | | 既有機構建築能效評估系統 BERSi | 機構建築母體 EUI 統計，建物營運條件、建築圖說修正電費單資料 | 辦公、旅館、百貨商場、醫院等四類建築群組機構組織對旗下既有建築之營運能效揭露 |
| | | 既有便利商店能效評估系統 BERSc | 連鎖便利商店母體 EUI 統計修正電費單資料 | 連鎖超商對旗下便利商店分店之營運能效揭露（與其他分區混用之便利商店案應適用 BERSe） |
| 住宅能效評估系統 R-BERS (只適用於新建住宅) | | | 建築外殼節能設計效率 EEV、八項固定設備系統設計效率 | 新建集合住宅及住宅 另見住宿類綠建築評估手冊 EEWH-RS (另修訂之) |

上表所標示的新建築(BESn)與既有建築(BESe)可適用六類 12 組的建築類型，如下表內容。機構類(BERSi)建築泛指辦公類、旅館類、

百貨商場類以及醫院等四大類，便利商店類(BERs)則僅限沿街型與獨棟便利商店申請。

表 三、六類 12 組之適用對象

| | |
|---|------------------------------------|
| A | 1 集會表演：供集會、表演、社交，且具觀眾席及舞臺之場所。 |
| B | 1 娛樂場所：供娛樂消費，且處封閉或半封閉之場所。 |
| | 2 商場百貨：供商品批發、展售或商業交易，且使用人替換頻率高之場所。 |
| | 3 餐飲場所：供不特定人餐飲，且直接使用燃具之場所。 |
| | 4 旅館：供不特定人士休息住宿之場所。 |
| D | 1 健身休閒：供地密度使用人口運動休閒之場所。 |
| | 2 文教設施：供參觀、閱覽、會議，且無舞台設備之場所。 |
| F | 1 醫療照護：供醫療照護之場所。 |
| G | 1 金融證券：供商談、接洽、處理一般事務，且使用人替換頻率高之場所。 |
| | 2 辦公場所：供商談、接洽、處理一般事務之場所。 |
| H | 1 宿舍安養：供特定人士短期住宿之場所。 |
| | 2 住宅：供特定人士長期住宿之場所，但不含集合住宅、住宅。 |

因應不同適用對象，最終的建築能效分級標示也被區分為新建建築標示、既有建築標示、既有機構標示、既有便利店標示，每一類的標示都依據其能效等級，由高至低分別被標示 1~7，如下圖所示。



圖 十一、建築能效分級標示，由左而右分別為新建建築標示、既有建築標示、既有機構標示、既有便利店標示。

目前的建築能效分級，亦將認證範圍進一步延伸至淨零耗能建築，即證實申請案的年度總耗能量小於或等於該案的綠能產生量與綠能採購量的加總。建築能效分級系統為了能提供使用者更便捷的使用方式，且為了更消費者更容易辨別，因此推展出許多簡化的計算式。然而，筆者認為，現行的分級制度不適合套用在製造類廠房，即使使用適用範圍較廣的既有建築版本(BESe)，仍會因為相關假設條件無法契合廠房運作狀況，而出現評估誤差。

伍、建築能效評估與國內外綠建築標章之綜效

綜整國內外的建築能效評估工具，ENERGY STAR EPI 工具應較適合目前國內的製造工廠進行節能評估。不論用哪一種評估技術，透過數據的解析，能了解當前的能耗狀況、其對比於產業的百分位數以及節能的潛力，但對於節能方案的查找與策略擬定，可能還是需要透過其他技術。在臺灣綠建築標章制度中，廠房類評估標準要求申請單位若具備 500 冷凍噸以上的中央空調系統，則必須執行空調系統的測試調整平衡作業(Test-Adjust-Balance, TAB)。因空調耗能往往是建築物能耗佔比最高的項目，加上空調系統如未定期檢測查驗，水側或空氣側的管線可能會有洩漏或因阻塞產生壓阻等問題，導致能耗大幅提升的問題，故要求既有建築執行 TAB 確實有其必要性。

最新版本的美國綠建築既有建築系統 LEED v4.1 for Operation and Maintenance 除了利用 ARC 系統，讓申請者可以清楚了解自屬建築物的能耗表現在產業中的排名以外，另在必要條件中要求專案必須依據美國冷凍空調協會(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE)的標準，執行能耗稽核作業(Energy Audit)。能耗稽核作業是一種廣度更廣，範疇包含各類能耗系統，深度也更深的節能潛力與方案調查工作，依據 ASHRAE 的定義，可區分為以下幾個等級：

✓ Preliminary Energy Use Analysis

所有三個級別的能耗稽核都必需執行初步能源使用分析，其中涉及以下內容：

- (1) 確認建築物範圍和能源消耗設備種類
- (2) 分析水電費，評估能否透過改變水電費率來節省開支
- (3) 公用事業賬單數據
- (4) 計算能源使用強度(EUI)
- (5) 基準測試，將專案的能源使用情況與同一地區的類似專案的能源使用情況進行比較

✓ ASHRAE Level 1: Walk Through Energy Audit

ASHRAE 1 級稽核是走查稽核，結果將可以提出節能措施 (Energy Conservation Measures, ECMs)，生成報告所需的工程時間和成本最低。每項措施相關的估計節省和成本都是採用概估的方式，報告側重於低成本和無成本的措施。該報告還包括公用事業數據摘要、與費率變化相關的節約估計、能源使用指數的計算、基準和目標等內容。

✓ ASHRAE Level 2: Energy Survey and Analysis

ASHRAE 2 級稽核比 1 級稽核更詳細，需要熟練和思考才能

提出有品質的稽核報告，報告內容包括對設施的完整描述，包括設備清單、能源平衡、與每個低成本和非成本措施相關的詳細能源節約和成本、每個推薦措施的財務分析、識別和粗略估計資本項目成本和節省，以及針對每個推薦措施的推薦測量和驗證計劃。

✓ ASHRAE Level 3: Detailed Survey and Analysis

ASHRAE 3 級稽核旨在為更昂貴的資本項目提供額外的價值工程分析，這些項目的風險容忍度較低。在這些稽核作業中，掛表量測與紀錄是必要的，以期能更精準地分析建築物的環境條件和使用率變化的反應。通常在空調方面的評估需藉助相關模擬工具，精算至以小時為單位的變化量，並提供了細的成本估算，以及生命週期成本評估。能耗稽核報告有時會提供工作範圍和施工圖，以便安裝措施的承包商準確了解要安裝的內容。3 級稽核有時稱為投資級稽核，稽核報告會作為節能績效保證合約的一部分。

能耗稽核作業與能效評估工具是廠房節能的兩大工具，企業主可以依據自己的預算執行不同級別的能耗稽核作業，比對能耗稽核報告所提出的節能措施以及能效評估工具推算出的節能潛力，再依據年度預算可支付的範圍，以循環式品質管理的概念(Plan-Do-

Check-Act, PDCA)不斷地推展節能績效，則將能循序漸進地朝向近零，甚至淨零的目標發展。

陸、廠房類建築節能與操作實務

以下分享兩件透過能耗稽查查找廠房類建築節能措施的案例。

■ 案例一、台北市某科技廠房

專案背景描述：

- (1) 專案地點：台北市
- (2) 專案總樓地板面積：約 16,700 平方公尺
- (3) 截至稽核日，建築物使用年限：約 20 年
- (4) 能源使用類型：電力
- (5) 建築營運時間：平日 14 小時，假日 10 小時
- (6) 截至稽核日，ENERGY STAR Score：67 分¹²

能耗稽核類型：ASHRAE Level 1 Walk Through Audit

節能措施：

- (1) 低成本項目(1~3 年可回收)
 - ✓ 廠區內因產線變化而有空見配置的調整，但燈具未隨需求調整，建議依據 ASHRAE 90.1 的照明功率密度以及 CNS 照度需求進行計算，並調整燈具數量與位置。
 - ✓ 廠區內發現 8 盞高壓鈉燈、235 組 T8 燈具，建議全面汰換為 LED 燈具。

¹² 因本案為廠辦合一類型，且 ENERGY STAR EPI 未有合適數據庫，故仍使用 ENERGY STAR Portfolio Manager 進行評估。

- ✓ 走道、茶水間、會議室、休息室等空間常見員工未隨手關燈，建議設置人員感應器控制燈具點滅或調光，減少能源浪費。
- ✓ 廠區內已建置 AHU 空調箱來提供與調節新風溫濕度，建議由排程控制改為 CO₂ 與溫溼度的需量控制模式。

(2) 高成本項目(3 年以上才可回收)

- ✓ 電梯使用年限為 20 年，且無智慧化叫梯機制，建議汰換高效率且具備能源回收功能的電梯。
- ✓ 空調機組已使用 20 年，且系統為定頻設備，建議先將冷卻水塔風扇、冷卻水塔馬達、冰機風扇等設備加裝變頻器，並利用外氣濕球溫度來控制風扇啟停與轉頻。
- ✓ 原有 150 冷凍噸的冰水機效能已衰退，建議汰換成 100 冷凍噸的定頻冰機與 60 噸的變頻冰機，藉以因應季節變換以及產線負荷變化所產生的冰機負荷變動。

經相關措施與設備改善後，廠區年度可節能 1,000 萬度電，年度營運費用降低約 350 萬元。

■ 案例二、桃園市某傳統廠房

專案背景描述：

(1) 專案地點：桃園市

- (2) 專案總樓地板面積：約 23,500 平方公尺
- (3) 截至稽核日，建築物使用年限：約 10 年
- (4) 能源使用類型：電力、液化石油
- (5) 建築營運時間：旺季 24 小時，淡季 8 小時

能耗稽核類型：ASHRAE Level 1 Walk Through Audit

節能措施：

(1) 零成本項目

- ✓ 發現專案的空壓機系統雖已設置電子排水器，但仍有排水時間與規劃時間不同的狀況，透過定期巡查與調校，即可降低洩漏損失。

(2) 低成本項目

- ✓ 經盤點，專案現場約有 40 個快速接頭有程度不一的洩漏問題，建議全面汰換為無洩漏接頭。

(3) 高成本項目

- ✓ 全場的冰水泵、冷卻水泵與區域泵各 3 台，共 9 台，目前皆為 IE2 等級馬達，使用年限為 10 年。建議冰水泵、冷卻水泵與區域泵各先更換一台 IE3 等級馬達，並讓其為主要運轉的馬達，其他 IE2 等級馬達作為備援。
- ✓ 當前冷卻水塔風車控制方式為冷卻水出水溫度，建議改為外

氣濕球溫度+3°C 為控制條件，控制冷卻水溫度。

經相關措施與設備改善後，廠區年度可節能 395 萬度電，營運費用降低約 100 萬元。

柒、結論

工業製造是台灣的主要碳排放的部門別，發展節能技術，提升再生能源使用率，朝向淨零碳排的目標邁進責無旁貸，也是刻不容緩。不論新建築或是既有建築，依據減少需求、提升效率、採用再生能源的順序逐步提升建築能效，能有助於企業達成淨零的目標。而透過能效評估，將可協助企業主不斷地審視自屬建築物性能，並確認企業所推行的節能政策是否與淨零目標相符，以及節能的幅度是否與所規劃的淨零期程契合。廠房類建築使用能效評估工具較具挑戰性，因為國內目前尚未有完整產業別的公告能源績效指標可以參考，目前內政部所推動的「建築能效評估系統」亦沒有適用於廠房的類型可使用，而國內綠建築評估手冊公告的「動態 EUI 指標」會扣除製程設備耗能，且不含非電力的能源使用項目，仍會對能效評估造成較大的誤差。因此，採用美國能源之星 ENERGY STAR Portfolio Manager、節能廠房 Energy Performance Index 評估法，抑或是使用 LEED v4.1 Operation and Maintenance 的 ARC 平台進行評估，其數據都是可以做為節能目標設定與節能進度審視的參考依據。既有建築除了使用能效評估工具以外，定期執行能耗稽核(Energy Audit)或既有建築性能驗證(Re-commissioning)，可以為建築能耗系統做定期健檢，查找出各種節能的潛力與機會，更有效率地進行節能減碳工作。