



iPAS
經濟部產業人才能力鑑定

中級能力鑑定－學習指引

淨零碳規劃管理師

▶▶▶ 節能減碳技術實務

序

為協助授課教師與考生掌握評鑑方向並有依循準備，本計畫委託委員會題庫組及規劃組等領域專家，依據各科目評鑑內容，進行重點說明與考題解析。

本手冊為學習指引，旨在提供學習方向與準備參考，並非正式教材或題庫，亦不保證考試通過之責，建議考生依循考試簡章所公告之評鑑主題內容，進行充分準備，以確保應試成效。

如有相關問題，請聯繫 iPAS@itri.org.tw。



經濟部產業人才能力鑑定推動小組

敬啟

目錄

第一章	組織節能減碳策略	1-1
	1.1 減碳/節能目標設定與路徑規劃.....	1-2
	1.2 碳排熱區辨識與能源盤查資料解析.....	1-9
	1.3 財務決策模型與風險評估.....	1-17
第二章	節能技術應用與能源管理	2-1
	2.1 公用設施節能技術選用分析	2-2
	2.2 節能技術投資效益與回收期評估	2-10
	2.3 ESCO 應用實務	2-16
	2.4 ISO50001 能源管理系統導入與運用.....	2-23
	2.5 節能相關前瞻技術	2-31
第三章	再生能源與綠電導入	3-1
	3.1 再生能源種類及優缺點比較	3-3
	3.2 國內再生能源導入及效益評估	3-24
	3.3 綠電採購模式與制度	3-31

職能基準

經濟部為有效提升產業人才素質，近年來持續致力於專業人才培訓發展。為了更明確產業對各類專業人才的能力需求，特別針對亟需人才的多項重點產業，邀集產官學專家，發展產業職能基準，提供各界依其內涵辦理培訓課程及規劃能力鑑定機制。

一、何謂職能？

為完成特定職業（或職類）工作任務，所需具備的能力組合（知識、技能、態度）。

二、淨零碳規劃管理師職能基準

職類名稱	淨零碳規劃管理師
工作描述	協助企業規劃淨零永續目標之策略藍圖，統籌組織碳盤查機制並建立各項淨零管理機制，管控企業淨零專案達成設定目標及成效，並對外公開揭露執行成果，使利害關係人了解企業淨零策略與成果，達成企業淨零碳排終極目標。
入門水準	（建議具以下至少 1 項） 1. 大專以上畢業或同等學力。 2. 具 1 年以上協助企業能源管理/溫室氣體盤查/碳足跡/節能減廢或綠色製程之經驗，或具備各類環保永續相關專業證照。 3. 熟悉企業永續發展內涵及相關指標，包含 GRI/CSR/ESG/RE100/TCFD/CDP/SBTi/AA1000/SDGs/SASB/DJSI/ ISO14064-1/ISO14067/ISAE3000/GHG Protocol/PACT/ISO14068 等
基準級別	5

完整的淨零碳規劃管理師職能基準，
可自右方 QRcode 下載：



考試科目與評鑑內容

科目	評鑑主題	評鑑內容
科目一： 節能減碳 技術實務	組織節能減碳策略	減碳/節能目標設定與路徑規劃
		碳排熱區辨識與能源盤查資料解析
		財務決策模型與風險評估
	節能技術應用與能源管理	公用設施節能技術選用分析
		節能技術投資效益與回收期評估
		ESCO 應用實務
		ISO 50001 能源管理系統導入與運用
		節能相關前瞻技術（如氫能、儲能系統、智慧能源等）
	再生能源與綠電導入	再生能源種類及優缺點比較
		國內再生能源導入及效益評估
		綠電採購模式與制度（如 T-REC、CPPA、自發自用等）
	科目二： 碳管理制度 實務	碳規範實務與揭露準則應用
國際揭露制度架構理解與實務應用（如 IFRS、GRI、SASB 等）		
減碳相關倡議與準則實務接軌（如 SBTi、TCFD、TNFD 等）		
組織自願減量實務		國內外自願減量專案與抵換制度
		碳移除與負碳技術（如碳匯、CCUS 等）
		碳抵換與碳資源交易
		內部碳定價與碳資產管理
永續供應鏈管理		範疇三碳排數據盤查與估算實務
		供應鏈減碳風險評估與管理機制

第一章 組織節能減碳策略



重點概要說明

在能源價格波動、碳定價機制逐步成形及監管要求日益明確的情境下，能源使用與溫室氣體排放已由營運成本問題，轉化為影響企業風險管理與長期競爭力的關鍵因素。若缺乏整體性的節能減碳策略，企業將難以因應未來國際客戶對供應鏈淨零要求、能源成本上升、法遵壓力增加與市場對低碳營運的期待。

因此，組織節能減碳策略的核心目的，在於使企業能夠「主動管理」能源與碳排放，而非僅被動回應外部要求、符合法規最低限度為原則。透過策略化管理，企業得以降低未來不確定性對財務與營運的衝擊，並將減碳行動納入穩定、可預期的經營決策與財務預算框架中。

組織層級的節能減碳策略，必須建立在制度化與數據化的管理邏輯之上。首先，企業需透過碳盤查與能資源使用分析，掌握自身能源使用結構與碳排放來源，辨識主要耗能與排放熱區。其次，透過明確的目標設定與路徑規劃，將長期減碳方向轉化為具體的年度管理指標與行動方案。

在執行層面上，節能減碳策略須與既有的營運管理、投資決策與績效考核機制整合，並透過組織治理架構與定期檢討機制，確保策略能持續推進與滾動修正。此一過程，使節能減碳不再是零散的技術改善，而是成為可被管理、評估與優化的營運策略。

組織節能減碳策略涵蓋減碳與節能目標設定、碳排與能源熱區辨識、節能與低碳方案規劃，以及財務與風險評估等關鍵構成要素。透過這些工具與方法，企業能建立清楚的減碳路徑，量化每一項行動的效益與成本，並在資源有限的情況下，優先推動具成本效率與可行性的措施。

最終組織節能減碳策略的成果，不僅體現在排放量或用電量的下降，更應反映於企業能否在面對能源轉型與氣候政策變動時，維持營運穩定性與財務韌性，並將減碳行動內化為長期經營的一部分。



重點掃描

1.1 減碳/節能目標設定與路徑規劃

1. 減碳/節能目標設定的方法

在企業減碳與節能管理架構中，目標設定是後續所有規劃與決策的起點。先明確界定企業在特定時間點欲達成的減量狀態，後續的減碳路徑規劃、行動方案設計與資源配置，才能建立在一致且可檢核的基準之上。以下是常用減碳目標設定時採用的步驟與方法：

(1) 第一步：完成碳盤查並建立管理基準

在盤查完成後，企業需明確界定目標所適用的組織邊界與排放範疇，包括納入的公司、廠區與營運活動，以及目標是否涵蓋範疇一、範疇二或範疇三排放。此一界定將直接影響目標的管理難度與執行可行性，也是確保目標在不同年度間具備一致性的關鍵。

除此之外，企業須同步確立**基準年**與**目標年**。基準年與目標年的選定，將直接影響減量幅度的計算方式、年度管理節奏，以及目標在不同年度間的可比較性。

- 基準年：應選擇資料完整、能合理反映企業正常營運狀態的年度，作為所有減碳成效比較的起點。
- 目標年：需結合企業中長期發展規劃與轉型時程，作為衡量減碳成果的時間終點，可以搭配國內外淨零目標，如科學基礎減量目標 SBTi、台灣溫室氣體淨排放量減量目標，可設定短期、長期目標年，如 2030 年、2050 年。

(2) 第二步：選擇適合的目標型態

企業應依據營運特性與管理需求，選擇適合的減碳或節能目標型態，例如排放總量型目標、排放強度型目標，或依產業特性設計的特定減量方式。

- 絕對減量目標：要求企業於目標年度，使溫室氣體排放總量相較基準年實質下降，適用於營運規模相對穩定或需回應總量管制要求的情境。

- 排放強度減量目標：以單位產出、單位營收或其他營運指標為基礎，要求降低單位活動所產生之排放量，適用於仍具成長動能、排放與營運規模高度連動的企業。
- 特定產業或活動型減量目標：依產業特性、製程或關鍵排放活動設定之減量目標，用以補充整體目標架構。

(3) 第三步：決定減量幅度與參考依據

減量幅度的設定，應綜合考量科學基礎情境、國家政策方向與企業自身減碳潛力。企業可參考國際倡議 SBTi、Climate Pledge、參照政府國家發展委員會所制定減碳目標或產業標竿作為外部依據，同時評估現有技術、能源結構與營運模式，確保所設定的幅度在長期執行上具備可行性與穩定性。

(4) 第四步：建立目標計算方法與量化指標

為使目標具備管理價值，企業需將減碳或節能目標轉化為可計算的量化指標，明確定義目標年度所允許的排放量或能源使用上限，並建立年度追蹤與檢核的計算邏輯。

2. 減碳/節能路徑規劃方法

減碳路徑的本質，是一條隨時間推進、逐年下降的排放曲線，用以描述企業自基準年至目標年之間的完整轉型過程。此一路徑並非任意繪製，而須建立在盤查資料、未減碳情境假設與量化計算之上，確保其具備可執行性與可管理性。

路徑規劃的關鍵，在於同時掌握兩條曲線：一為在不採取額外減碳行動下，企業排放隨營運自然成長之「依現況發展趨勢推估情境 (Business-as-Usual, BAU) 排放趨勢」；另一則為依減碳目標回推之「目標允許排放量」。兩者之間的差距，即為企業在各年度必須透過節能或其他措施加以填補的減碳需求。

以下為減碳/節能路徑規劃的步驟與方法：

(1) 第一步：明確化減碳目標作為路徑起點

路徑規劃必須以已確認的減碳目標為前提，包括基準年、目標年、減量幅度、覆蓋範圍與目標型態。此一目標將作為路徑終點的固定條件，確保後續規劃不偏離治理方向。

(2) 第二步：推估 BAU 排放趨勢

企業需在既有技術與管理條件不變的假設下，推估未採取額外減碳措施時的排放成長情境。BAU 推估通常結合產量、營收或用電成長假設，並納入電力排放係數變動、廠區擴建或設備增設等外部因素。對多數製造與科技產業而言，範疇二排放占比高，BAU 推估實務上多以未來用電量成長作為主要判斷基礎。

(3) 第三步：量化目標允許排放量與年度減碳需求

在 BAU 排放趨勢確立後，企業需依減碳目標回推各年度的「目標允許排放量」，形成一條逐年下降的目標曲線。透過比較 BAU 排放與目標允許排放量，即可計算出企業在各年度必須實現的減碳量，作為後續規劃措施的量化基礎。

(4) 第四步：建立減碳工具組合並配置於路徑中

企業需將前述年度減碳需求，對應至具體可執行的減碳工具與管理措施，例如節能改善、能源效率提升、再生能源導入或其他結構性調整。此一階段的重點，不在於單一工具的成效，而在於如何形成可隨時間推進、彼此銜接的工具組合，以確保整體路徑的穩定性。

(5) 第五步：檢核路徑可行性並銜接成本與風險評估

完成初步路徑配置後，企業須進一步評估相關工具在技術成熟度、市場供給穩定性、政策法規影響及成本結構上的可行性，並與未減碳情境下的成本進行比較。此一檢核結果，將作為後續財務決策與投資排序的重要依據。

減碳／節能路徑規劃的目的，在於將減碳目標由靜態承諾，轉化為可隨時間管理、可量化比較、可納入決策的動態管理工具。透過系統性推估 BAU 排放、量化年度減碳需求，並配置對應的減碳措施，企業方能建立一條可執行、可投資、可管理的減碳路徑，作為長期轉型與經營決策的基礎。



範例考題

1. 下列哪一項最能反映「絕對減量目標」的管理特性？
(A)排放可隨產量改變；(B)需搭配營收成長率；(C)不論營運成長，排放量須下降；(D)僅適用於製造業
2. 依照減碳路徑設定的年度需減碳量的正確計算邏輯為？
(A)基準年-目標年；(B) BAU 排放-目標允許排放；(C)總排放-範疇三排放；
(D)用電量 × 電價
3. 某企業已完成減碳目標設定，但在實際路徑規劃時，發現每年需減碳量波動極大。下列哪一個因素最可能是造成此問題的根本原因？
(A)減碳目標設定採用絕對減量法；(B) BAU 情境假設未考量營收成長；(C)減碳目標年設定為 2050 年，難以推估未來情境；(D)目標參考 SBTi 方法學，不符合產業趨勢
4. 企業在設定減碳目標前，最重要的管理前提為何？
(A)選擇可行的減碳技術；(B)完成碳盤查並建立管理基準；(C)評估碳費價格；
(D)先設定減碳百分比
5. 在路徑規劃中，「BAU 排放趨勢」的主要用途為何？
(A)作為減碳目標的替代方案；(B)預測實際未來排放量；(C)作為不減碳情境下的比較基準；(D)用來計算碳費成本
6. 下列哪一種情況，最可能顯示企業的減碳路徑「設定過於寬鬆或容易」？
(A)未採取減碳措施實際排放量略高於允許排放量；(B)未採取減碳措施實際排放量長期低於允許排放量；(C) BAU 排放與允許排放接近；(D)不需要碳權，也能自行調整排放報告抵扣碳費
7. 某企業基準年(2023 年)排放量為 100,000 tCO_{2e}，設定 2030 年減量 30%的絕對減量目標。請問 2030 年的「目標允許排放量」為何？
(A) 70,000 tCO_{2e}；(B) 73,000 tCO_{2e}；(C) 30,000 tCO_{2e}；(D) 130,000 tCO_{2e}

8. 企業在設定減碳目標時，下列哪些原則有助於確保基準年與目標年的管理有效性？<複選題>
- (A)基準年應選擇資料完整且能代表正常營運狀態的年度；(B)基準年應選擇排放量最低的年度，以提高減量成效；(C)目標年需考量企業中長期轉型與投資時程；(D)基準年與目標年的設定會影響年度減碳計算與可比較性
9. 某企業以「營收年成長 5%」作為 BAU 用電推估依據。在下列哪些情況下，此 BAU 假設最可能高估未來排放？<複選題>
- (A)製程自動化提升單位產出效率；(B)電力排碳係數下降；(C)增設新產線屬於高耗能製程；(D)產品組合轉向高附加價值低用電
10. 跨國企業在不同地區用電結構差異大，下列哪些做法有助於提升減碳目標及路徑可管理性？<複選題>
- (A)依各主要營運地區分別建立 BAU 用電成長假設與排放係數；(B)以集團總部總用電量作為 BAU 推估；(C)對高用電占比或高成長地區，個別設定年度允許排放量；(D)將所有地區套用同一電力排放係數，以確保計算一致性

考題解析

1. Ans (C)

絕對減量目標以「排放總量」為管理對象，要求在目標年相較基準年總排放必須下降，不因產量或營收成長而放寬。相對地，「強度目標」才會允許排放總量隨規模成長而上升、但單位排放下降。

2. Ans (B)

年度需減碳量的核心邏輯是把「依現況發展趨勢推估情境（BAU）排放趨勢」與「該年度允許排放量（由目標回推）」相減。兩者差距就是該年度需要用節能、綠電、製程改善等手段去填補的減碳需求。

3. Ans (B)

年度需減碳量「波動極大」多半不是目標型態造成，而是 BAU 情境假設不穩或不完整，導致 BAU 曲線在不同年度起伏，進而讓「BAU - 允許排放」的缺口忽大忽小。最常見原因包括：用電量當成單一變數、未考慮營收、未納入產線擴增時程、未區分不同廠區或產品組合的用電彈性等。

4. Ans (B)

目標設定的管理前提是先有可信的盤查基準（排放來源、能源結構、資料品質與邊界清楚），否則目標缺乏可比較、可追蹤與可檢核的基礎，後續路徑與投資排序也會失去一致的計算起點。

5. Ans (C)

BAU 的定位是「不採取減碳措施時的比較基準」，用來回答：若不採取額外行動，排放/成本會如何演變。路徑管理上，BAU 用於計算減碳缺口、做成本對照與投資合理性評估；它不是目標替代方案，也不是保證會發生的實際排放值。

6. Ans (B)

若在「未採取減碳措施」的情況下，實際排放長期低於允許排放量，代表允許排放曲線設得過高（要求過低），路徑對組織行為的約束力不足，容易造成「看起來達標、但其實沒有推動必要轉型」的管理風險。

7. **Ans (A)**

基準年排放 100,000 tCO₂e，目標年減量 30%（絕對減量）代表目標年允許排放 = $100,000 \times (1 - 0.30) = 70,000$ tCO₂e。

8. **Ans (A)(C)(D)**

基準年需具代表性與資料完整性；目標年需匹配轉型與投資時程；兩者設定會影響年度可比較性與年度減碳量回推。選擇排放最低年度作為基準年，反而可能造成基準失真與後續管理不可持續。

9. **Ans (A)(B)(D)**

若自動化提升效率、電力排碳係數下降、或產品組合轉向高附加價值但低用電，則「營收成長 5% → 用電/排放同幅成長」的假設會偏高估排放；反之增設高耗能製程通常會使 BAU 更高，屬於低估風險而非高估。

10. **Ans (A)(C)**

不同地區電力排放係數與用電結構差異大，分地區建立 BAU 假設與係數能提升可管理性；對高占比或高成長地區個別設定允許排放量，可讓管理重點對準主要驅動來源。以總部總用電推估或強行套用同一排放係數，容易掩蓋差異、削弱治理精準度。

1.2 碳排熱區辨識與能源盤查資料解析

1. 碳排熱區的意義與重要性

碳排熱區（Carbon Hotspot）係指在企業整體溫室氣體排放結構中，排放量占比高、成長趨勢明顯，或對減碳目標達成具有關鍵影響的排放來源、能源使用環節或營運活動。碳排熱區的判定，並非僅以單一年度排放量大小作為依據，而須綜合考量排放集中度、變動性與管理可控性，以辨識對企業排放趨勢具有決定性影響的關鍵節點。

在企業減碳管理中，碳排熱區的意義在於協助組織由全面盤查，進一步轉向重點管理。由於企業排放來源通常分散於不同廠區、設備與營運流程，若未進行熱區辨識，節能與減碳措施容易平均分配，導致資源投入與實際減量成效不成比例。透過界定碳排熱區，企業得以聚焦於對總排放影響最大的環節，提升減碳策略的效率與可預期性。

此外，碳排熱區亦是連結盤查資料與策略決策的關鍵橋梁。唯有清楚掌握哪些排放來源主導了企業的排放結構與成長趨勢，企業才能將減碳目標與路徑具體化，避免策略僅停留於低影響或易執行的措施。碳排熱區的辨識，亦有助於區分屬於營運自然成長所造成的排放增加，與具改善潛力的效率型排放，作為後續節能措施選擇與投資排序的重要依據。

綜合而言，碳排熱區並非單一技術指標，而是一項具管理意義的決策概念。其核心價值，在於協助企業於資源有限之前提下，優先處理對減碳成果最具關鍵影響的排放來源，並作為制定減碳路徑、配置節能工具與進行財務評估的重要依據。

2. 碳排熱區與能源盤查方向

碳排熱區的有效辨識，必須建立在碳盤查與能源盤查兩項機制的相互配合之上。兩者雖同為企業減碳管理的重要基礎，但其管理定位與分析目的並不相同，

且在實務上缺一不可。碳盤查的核心功能，在於量化企業於特定期間內所產生的溫室氣體排放結果，提供減碳目標設定、外部揭露與整體排放管理的依據；能源盤查則著重於能源使用行為與結構分析，協助企業理解排放「如何產生」以及「在哪裡產生」，作為改善行動的決策基礎。

在碳排熱區分析中，能源盤查扮演關鍵角色。企業須由廠房用電與燃料使用結構出發，系統性盤點各項耗能設備與用能行為，釐清不同製程、設備或時段對整體能耗與排放的貢獻程度。透過此一盤點，企業得以確認高耗能來源是否來自關鍵生產設備、輔助系統或管理層面的使用習慣，進而判斷哪些環節具備優先節能減碳改善的潛力。

為提升盤查資料的即時性與精準度，實務上多透過監控與資料採集與監控系統（Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA）與能源管理系統（Energy Management System, EMS）進行支援。SCADA 系統主要負責即時蒐集設備運轉與能源使用數據，協助企業掌握用能狀態與異常情形；EMS 系統則扮演能源中控角色，整合跨設備、跨廠區的用能資訊，提供分析、比較與決策所需的管理視角。兩者的導入，有助於將靜態盤查資料，轉化為可持續追蹤的管理資訊。

在治理層面，碳排熱區與能源盤查應納入持續改善的管理循環中運作。透過「計畫（Plan）－執行（Do）－查核（Check）－行動（Action）」的 PDCA 管理機制，企業得以依盤查結果制定改善計畫，落實節能措施，並定期檢核實際成效，進而依執行結果滾動調整管理策略。此一循環機制，有助於確保碳排熱區分析不僅止於一次性診斷，而能長期支撐企業節能與減碳管理的持續優化。

3. 節能策略制定

(1) 步驟一：將減碳目標及路徑下放至範疇一與範疇二

企業於完成整體減碳目標設定後，應先將減碳目標及路徑具體轉化為範疇一與範疇二的管理要求。此一階段的重點，在於確認能源使用與直接排放在整體減碳責任中的角色，並作為後續節能策略與 KPI 設計的總體約束條件，避免節能行動與整體目標脫鉤。

(2) 步驟二：節能目標研析與能源績效指標設定

在節能策略展開前，企業需先釐清能源績效的衡量方式，以確保節能成果可被量化與比較。能源績效指標的設定，應依管理層級與分析目的進行區分，例如設備層級、製程層級、廠區層級或整體組織層級，並搭配合適的用電或能耗定義。透過明確的指標架構，企業得以避免僅以總用電量判斷績效，而忽略營運變動對能耗的影響。

(3) 步驟三：節能主題分類與管理單元劃分

為提升節能策略的可執行性，企業應依實際營運型態，進行節能主題分類與管理單元劃分。常見作法區分：1.廠區、2.建築物、3.資料中心或特定功能區，並選擇適合的能源績效指標（Energy Performance Indicator, EnPI），以確保節能成效能被正確解讀，並避免僅以總用電量作為績效判斷依據。

A. 廠區—用電密集度（Energy Intensity, EI）

EI 通常以單位產量、單位產值或其他營運輸出作為分母，衡量每單位產出所需的總用電量（含灰電和綠電）。此指標適用於製造型企業，可有效反映製程效率、設備效能與操作管理對能源使用的影響，常作為工廠層級與製程層級節能績效的主要指標。一般企業對內節能管理指標，通常會用 EI 用電密集度，但如對外，一般常用 CI 碳密集度。

B. 建築物—用電密集度（Energy Usage Intensity, EUI）

EUI 以建築物近一年樓地板使用單位面積（如每平方公尺）之年度總用電量（含灰電和綠電）作為衡量基準，適用於辦公大樓、商業設施與非製造用途建築。該指標有助於評估空調、照明與建築設備整體能效，並利於跨建築或跨年度比較。可以參考台灣 EEWB 綠建築、美國 LEED 綠建築、英國 BREEM（建築研究機構環保評估法）、WELL（關注健康與福祉的建築標準）評估系統之認證評分方式進行等級評定。

C. 資料中心或特定功能區— 能源使用效率 (Power Usage Effectiveness, PUE)

PUE 為資料中心專用指標，用以衡量整體設施用電相對於 IT 設備用電的比例。其數值愈接近 1，代表非 IT 用電（如冷卻、電力轉換）占比愈低，能源使用效率愈高。PUE 指標適用於高耗能、全年運轉的資訊基礎設施，已成為資料中心進行能源績效評估與節能管理之核心指標之一。實務上，亦可參考美國 LEED 綠建築認證之相關評分方式，作為能源效率分級與改善成效評定之參考依據。

(4) 步驟四：建立短期與中期節能目標

在完成主題分類與指標設定後，企業應進一步建立短期與中期節能目標。短期目標通常著重於既有設備與操作優化，可由各單位自行依實務條件提出具體作法並承諾執行；中期目標通常多涉及設備汰換、系統改善或流程調整，需結合資本支出規劃與跨部門協調。透過不同時間尺度的目標設計，企業得以平衡即時成效與長期結構性改善，逐步累積整體能源效率與減碳成果。

(5) 步驟五：建立節能減碳委員會之組織架構與推動範疇

為使節能與減碳策略能由規劃階段落實至日常營運，企業須建立明確的治理架構，作為跨部門協調與決策的平台。節能減碳委員會的核心功能，在於整合管理、技術、採購與財務等關鍵部門，確保節能目標、行動方案與資源配置之間具備一致性與可執行性。透過此一組織機制，企業得以將節能措施由零散的專案行動，提升為具制度性、可延續的管理事項，並明確界定各單位在節能推動過程中的角色分工與責任歸屬。

(6) 步驟六：年度節能目標管理與季度檢討機制

節能管理須納入企業既有的管理循環中，方能確保持續改善。企業應將節能目標與能源績效指標納入年度管理架構，並透過定期的季度檢討機制，系統性追蹤各項節能行動的執行進度與實際成效。藉由定期檢視指標變化與偏差原因，透過內部碳定價機制申請碳費補助機制，使外部碳價內部化，爭取更多節能減碳專案投入，及時調整執行策略，避免節能成果與原定目標逐步脫節，同時累積管理經驗，作為後續節能路徑修正與新一輪目標設定的重要依據。



範例考題

1. 碳排熱區分析在減碳管理中的主要目的為何？
(A)提高永續報告書內容完整度；(B)將減碳資源平均分配至各單位；(C)取代碳盤查作業；(D)聚焦對總排放影響最大的關鍵環節
2. 企業若未進行碳排熱區辨識，最可能導致下列哪一種情況？
(A)碳盤查數據無法通過查證；(B)節能措施多集中於高影響排放源；(C)資源投入與實際減碳成效不成比例；(D)碳排放量無法下降
3. 在進行建築能效分級管理時，針對「廠區類」建築之分類特徵與認定標準，下列敘述何者最適當？
(A)建築物用電占總用電超過 40%；(B)產線用電占總用電超過 40%；(C)資料中心用電占總用電超過 60%；(D)辦公室面積占總面積超過 60%
4. 企業在進行碳排熱區辨識時，下列哪一種情境下的排放來源最可能被列為「優先熱區」？
(A)排放占比最高，但短期內無可行技術改善；(B)排放占比中等，但改善後可影響多個廠區；(C)排放占比低，但揭露風險較高；(D)排放占比高，且已完成所有可行改善
5. 下列哪一項最能說明為什麼碳排熱區不是固定不變？
(A)熱區只會隨法規改變，與企業營運無關；(B)熱區主要由產品設計決定，與產量無關；(C)只要能源盤查完成一次，就可長期沿用結果；(D)產量、排程、設備效率及採購結構變化都可能影響熱區位置
6. 關於用電密集度（Energy Intensity, EI）指標，下列哪一項敘述正確？
(A)分子為總用電量，分母為營收或產值；(B)僅計算外購電力，不含自發自用電力；(C)綠電屬於零排放，因此不需納入計算；(D)通常適用於辦公大樓
7. SCADA 系統在能源管理中的核心功能為何？
(A)彙整年度碳盤查報告進行比較；(B)可以將用電量轉換成碳排放量；(C)設定節能 KPI；(D)即時蒐集設備運轉與用能數據

8. 企業建立節能減碳委員會時，下列哪些設計有助於兼顧治理一致性與各據點的執行彈性？<複選題>
- (A)依成果調整後續目標與資源配置；(B)作為對外揭露用途；(C)將檢討結果回饋至下一輪規劃；(D)視情況調整節能策略方向
9. 企業希望制定具體可執行的減碳策略，下列哪些情境特別需要仰賴能源盤查的結果？<複選題>
- (A)找出用電與燃料的主要熱區；(B)計算範疇三的排放量；(C)判斷哪些設備或系統改善潛力最大；(D)設定減碳行動的優先順序
10. 下列哪些敘述正確描述能源盤查與碳盤查在企業管理上的搭配關係？<複選題>
- (A)做碳盤查即可清楚知道減碳該從哪裡開始；(B)能源盤查可協助解釋碳排結果背後的原因；(C)碳盤查結果可作為對外揭露與目標設定依據；(D)能源盤查可取代碳盤查的法規與揭露需求

IPAS

考題解析

1. **Ans (D)**

碳排熱區分析的核心目的，在於從整體排放結構中辨識「對總排放影響最大的關鍵環節」。

2. **Ans (C)**

若未進行碳排熱區辨識，企業在推動節能與減碳時，往往採取平均分配或憑經驗決策的方式，導致資源投入與實際可達成的減碳成效不成比例，影響整體策略效率。

3. **Ans (B)**

「廠區類」建築的核心特徵在於其能源使用主要來自生產活動。當產線用電占總用電比重高（如超過 40%），即可視為以製程與設備為主要耗能來源的廠區型態，而非以辦公或資料處理為主。

4. **Ans (B)**

碳排熱區的判定除排放占比外，亦須考量其改善後的影響範圍與管理價值。排放占比中等但可透過改善影響多個廠區或系統的排放來源，往往具有更高的策略優先性。

5. **Ans (D)**

碳排熱區並非靜態概念，會隨企業產量變化、排程調整、設備效率提升或能源採購結構改變而移動。因此，熱區分析需定期更新，無法一次判定後長期沿用。

6. **Ans (A)**

EI (Energy Intensity) 通常以「總用電量」作為分子，並以產量、產值或營收等營運輸出作為分母，用以衡量每單位產出所需的能源投入，常用於製造型或廠區層級的能源績效分析。

7. **Ans (D)**

SCADA 系統的核心功能在於即時蒐集設備運轉狀態與用能數據，協助企業掌握用能行為與異常狀況。其本身不負責碳排計算或 KPI 設定，而是提供即時、細緻的原始資料來源。

8. **Ans (A)(C)(D)**

節能減碳委員會的重點在於治理與推動功能。透過依成果調整資源配置、將檢討結果回饋至下一輪規劃，以及視情況修正策略方向，可兼顧整體治理一致性與各單位的執行彈性。僅作為對外揭露用途，並非其核心功能。

9. **Ans (A)(C)(D)**

能源盤查特別有助於辨識用電與燃料熱區、判斷設備或系統的改善潛力，並支援減碳行動的優先排序。相較之下，範疇三排放量的計算主要仰賴供應鏈與活動資料，並非能源盤查的主要功能。

10. **Ans (B)(C)**

碳盤查負責量化「排放結果」，作為對外揭露與目標設定的依據；能源盤查則協助解釋「排放如何產生」，支援策略與行動設計。兩者定位不同、相互補充，能源盤查無法取代碳盤查在法規與揭露上的功能。

IPAS

1.3 財務決策模型與風險評估

1. 減碳策略的財務結構

減碳策略的財務結構，通常建立在「依現況發展趨勢推估情境（Business-as-Usual, BAU）」與「減碳後情境」的對照之上。BAU 情境反映在不採取額外減碳或節能行動下，企業因營運成長、能源價格變動及政策因素所承擔的用電與排放成本；減碳後情境則納入節能改善、能源結構調整與相關投資支出，呈現企業為達成減碳目標所需付出的實質成本與可能節省的费用。兩者之間的差異，構成企業評估減碳策略經濟合理性的基礎。

(1) BAU 用電成本曲線：不採取減碳行動的成本走勢

BAU 用電成本曲線係用以描述企業在不額外投入節能或低碳措施的情境下，未來可能面臨的用電與法遵成本變化。該曲線通常由三項主要因素構成：第一，企業用電量隨營運成長、產能擴張或設備增加而自然上升；第二，電價受能源政策、燃料成本或電力市場結構調整等影響而逐年提高；第三，隨著碳費、碳稅或其他法規要求逐步落實，企業須承擔愈來愈高的合規成本。

(2) 減碳後用電成本結構：採取行動後的新成本組合

相較於 BAU 情境，企業於採取減碳行動後，其用電成本結構將由「單純電費支出」轉變為「多元成本項目組合」。此結構通常包含三大類要素：第一，經由節能改善後所推估的用電量下降；第二，綠電導入所對應的電價或憑證成本；第三，為達成上述改變所需投入的設備投資與後續維運費用。具體而言，節能措施可降低整體用電需求，減緩電價上升所帶來的衝擊；再生能源的導入，則以較穩定的長期電價或合約條件，降低能源成本波動風險。

2. 成本模型與決策工具

減碳方案的財務模型，係以「方案相對於 BAU 情境所產生的成本與效益差異」為分析基礎。模型中通常需納入初期投資成本、年度營運與維運費用、用電

成本變化、綠電或憑證費用，以及法遵成本的降低效益。透過一致的假設條件，企業得以將不同技術路徑或管理措施轉換為可量化的現金流結構。

常用的財務評估指標包含回收年限 (Payback Period)、效益成本比 (Benefit-Cost Ratio, BCR)、淨現值 (Net Present Value, NPV) 與內部報酬率 (Internal Rate of Return, IRR)，近期標竿企業為能使內部認同外部碳價內部化，採用碳費回收年限 (Carbon Payback Period, CPP) 計算節能方案投資評估模式。回收年限可快速評估方案對資金回收速度的影響；BCR 用於衡量方案整體效益是否大於成本；NPV 與 IRR 則可進一步反映方案在整體投資期間內的財務價值與報酬水準。透過多指標並行分析，可避免單一指標造成決策偏誤。

在完成單一方案的財務分析後，企業仍需進一步回答「每多減一單位碳，所需付出的成本為何」。此一概念即為邊際減量成本 (Marginal Abatement Cost, MAC)。邊際減碳成本通常以「每公噸二氧化碳當量的減碳成本」表示，計算方式為方案在整體期間內的淨成本，除以其可達成的累積減碳量。

透過邊際減碳成本的計算，企業得以將不同性質的減碳方案（如節能改善、再生能源導入、製程優化等）放在同一比較基準下，判斷哪些方案在減碳效率上較具成本優勢，哪些方案則屬於高成本但必要的長期投資。

將各項減碳方案依其邊際減碳成本由低至高排序，並結合其可提供的減碳量，即可建立邊際減量成本曲線 (Marginal Abatement Cost Curve, MACC)。MACC 不僅是一項分析工具，更是一種策略溝通與決策支援工具。透過 MACC，企業可清楚辨識「低成本、可優先推動」的減碳措施，以及「高成本、需搭配長期規劃或政策誘因」的方案。在資源有限的情況下，MACC 有助於企業依據成本效率規劃減碳路徑組合，使整體減碳目標能在可接受的財務負擔下逐步達成。此外，MACC 亦可作為與管理層、投資人或金融機構溝通減碳投資邏輯的重要視覺化工具。

3. 減碳方案的風險評估

相較於一般營運投資，減碳行動具有「投資週期長、資本投入高、外部不確定性強」的顯著特性。其財務績效不僅取決於企業內部執行能力，更高度受制於

能源價格、碳定價制度、政策方向與市場供給等外部因素。因此，在減碳方案正式納入投資決策前，企業有必要透過系統化的風險評估方法，檢視不同不確定條件下，方案財務結果的穩定性與承受能力。

敏感度分析是一種常用且具實務可行性的風險評估方法，其核心概念在於：於其他條件不變的情況下，測試單一關鍵變數發生變動時，減碳專案的財務結果將受到多大程度的影響。常見的測試變數包括電價成長率、碳費水準、綠電價格、設備投資成本與折現率等。

透過敏感度分析，企業可觀察不同假設下，投資回收年限、淨現值或內部報酬率的變化幅度，進而判斷該方案是否屬於「高風險、高敏感度」或「相對穩健」的投資選項。此類分析不僅有助於提升決策透明度，也能使管理層在面對不確定環境時，對減碳投資的潛在風險具備清楚認知。

最終，減碳方案的風險評估，應與前述的財務模型與 MACC 分析相互整合。唯有同時考量成本效率與風險承受能力，企業才能在長期能源轉型與減碳路徑中，建立具韌性的投資組合。此一過程，亦有助於將減碳行動由單點技術選擇，提升為可因應政策與市場變動的整體經營策略。



範例考題

1. 相較一般設備投資，減碳投資更需要風險評估的核心原因為何？
(A)投資金額較小；(B)易受能源價格與政策影響；(C)投資回收期較短；(D)無法享有碳費減免或面臨潛在碳稅增加
2. 某企業在規劃減碳路徑時，同時評估高資本支出、回收期較長但可提供穩定減碳效益的設備改善方案，以及資本支出較低、可快速產生減碳效果的外購減碳措施。在資本預算有限的情況下，若企業希望兼顧財務穩健與長期減碳目標，下列哪一項較符合財務決策模型的實務應用邏輯？
(A)依各方案的單位減碳成本排序，優先執行單位成本最低的減碳措施；(B)優先選擇可在短期內達成最大減碳量的投資方案；(C)透過財務模型比較不同方案在成本、效益與風險上的時間差異，進行組合配置；(D)暫緩所有投資決策，待未來法規與碳價趨勢更明確後再行評估
3. 同一個節能措施每年可固定節省 10,000 MWh。若電價每年調升 6%，其他條件不變，該措施帶來的「年度節省電費金額」趨勢最接近下列哪一項？
(A)逐年下降；(B)逐年上升；(C)大致不變；(D)先上升後下降
4. 某廠年度用電 100,000 MWh、電價 3 元/kWh。採行節能後用電降 8%，但電價因改用新合約上升到 3.2 元/kWh。只看「年度電費」變化（不含投資/維運），最接近下列何者？
(A)年度電費上升約 560 萬；(B)年度電費下降約 560 萬；(C)年度電費上升約 480 萬；(D)年度電費下降約 480 萬
5. 某減碳專案以公司既定折現率評估後， $NPV = +120$ 萬。下列判斷何者最符合財務意涵？
(A)代表專案比其他替代方案更好；(B)代表專案在既定折現率下可帶來正的財務價值；(C)代表專案回收年限符合公司要求；(D)代表專案風險低、可不作敏感度分析

6. 下列哪一描述最符合對減碳方案進行「敏感度分析」的核心精神？
(A)同時把電價、碳費、投資額一起改動，模擬最壞的風險情境；(B)以專家訪談方式評估風險高低；(C)把所有不確定性用極值處理；(D)在其他條件固定下，觀察某一關鍵假設變動對財務結果的影響
7. 關於邊際減量成本（MAC），下列何者敘述錯誤？
(A) MAC 代表每減一噸 CO₂e 的淨成本；(B) MAC 可用於跨方案成本效率比較；(C) MAC 為負值表示應優先投資；(D) MAC 代表方案總投資金額
8. 若要用邊際減量成本曲線（MACC）支援「減排路徑組合」設計，哪些資訊可以從 MACC 圖上得知？<複選題>
(A)各方案可提供的減排量；(B)各方案的導入時程與可用年度；(C)各方案的每噸減排成本；(D)各方案的優先採用排序
9. 減碳方案的財務模型，通常需納入哪些關鍵要素？<複選題>
(A)節能設備效率提升，節省電費；(B)電價政策或燃料成本；(C)與 BAU 相比的用電成本差異；(D)節能設備的技術效率參數
10. 若一減碳方案 NPV > 0 且 IRR 高於公司資本成本，可合理推論哪些結論？<複選題>
(A)在財務上具投資吸引力；(B)回收年限短；(C)具低風險；(D)在既定假設下，長期創造正值

考題解析

1. **Ans (B)**

減碳投資的財務表現高度依賴外部變數（電價、碳費、政策、綠電市場），且多為長週期投資；因此相較一般設備投資，更需要在決策前進行風險評估以確認財務結果的穩健性。

2. **Ans (C)**

在資本預算有限下，實務上不會只看單一指標（如單位減碳成本或短期減量），而是用財務模型把「成本—效益—時間—風險」拉到同一框架比較，並透過組合配置兼顧短期成果與長期結構性減碳。

3. **Ans (B)**

節省的用電量固定，但電價逐年上升，則每年「省下的電費」會隨電價上升而逐年增加（同樣的 kWh 以更高單價計價）。

4. **Ans (B)**

原年度電費 = $100,000 \text{ MWh} \times 1,000 \text{ kWh/MWh} \times 3 \text{ 元} = 300,000,000 \text{ 元}$ （3 億）。

節能後用電 = $100,000 \times (1 - 0.08) = 92,000 \text{ MWh}$ 。

新年度電費 = $92,000 \times 1,000 \times 3.2 = 294,400,000 \text{ 元}$ （2.944 億）。

差異 = $2.944 \text{ 億} - 3 \text{ 億} = -5,600,000 \text{ 元}$ ，約下降 560 萬。

5. **Ans (B)**

NPV 為正表示在「既定折現率」下，專案的折現後效益大於折現後成本，代表專案能創造正的財務價值；但不直接代表回收年限一定符合要求，也不代表風險低而可免做敏感度分析。

6. **Ans (D)**

敏感度分析的定義是「其他條件固定，改動單一關鍵假設」，觀察 NPV/IRR/回收年限等財務結果的變動幅度，用以判斷專案對特定變數的敏感程度與風險暴露。

7. **Ans (D)**

MAC 的概念是「每減一噸 CO_{2e} 的淨成本（或淨效益）」，不是方案總投資金

額。方案總投資只是計算淨成本的一部分，仍需扣除節省電費、避免碳費等效益並考慮期間與折現。

8. **Ans (A)(C)(D)**

詳解說明：MACC 圖通常以「寬度」表示各方案可提供的減排量，以「高度」表示每噸減排成本，並可依成本由低到高排序以支援優先順序判斷；但 MACC 通常不直接給出方案導入時程或可用年度（需另以路徑/專案排程補充）。

9. **Ans (A)(B)(C)**

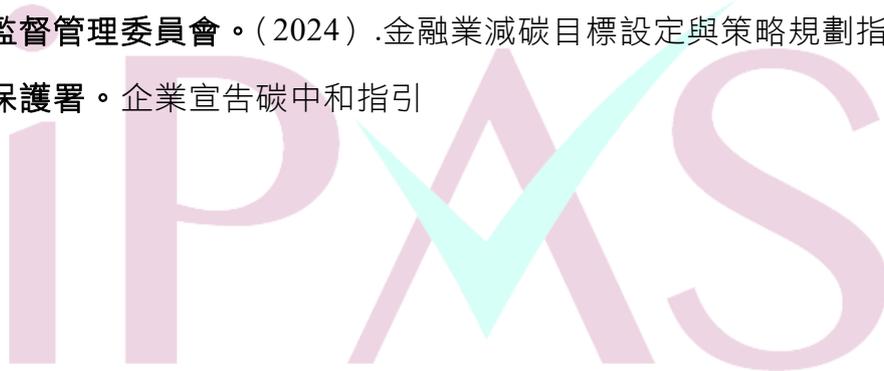
減碳方案財務模型的核心是以 BAU 為比較基準，建立增量現金流：包含節能帶來的電費節省、外部價格/政策影響（電價、燃料、碳費等）、與 BAU 相比的成本差異。

10. **Ans (A)(D)**

NPV > 0 代表在折現後仍創造正值；IRR 高於資本成本代表報酬率超過資金門檻，因此在財務上具吸引力、且在既定假設下長期創造正值。惟這兩者不必然代表回收年限一定短，也不能直接推論風險低。

本章節參考文獻

1. Science Based Targets Initiative. (2024). Standards and guidance.
2. Science Based Targets Initiative. (2023). *Corporate Net-Zero Standard*.
3. Science Based Targets Initiative. (2023). *Science Based Target setting for the maritime transport sector*.
4. 中華民國國家氣候變遷治理機制／行政院國家永續發展委員會。(2022) .淨零排放路徑 112–115 綱要計畫
5. 中華民國國家發展委員會。積極設定減碳新目標（2030/2032/2035）
6. 行政院國家永續發展委員會。2050 淨零排放路徑。
7. 經濟部工業局。(2022) .製造部門 2030 淨零轉型路徑
8. 金融監督管理委員會。(2024) .金融業減碳目標設定與策略規劃指引
9. 環境保護署。企業宣告碳中和指引



第二章 節能技術應用與能源管理



重點概要說明

近年來全球各地極端氣候，如強烈颱風、乾旱、洪水和異常溫度變化等現象正與日俱增，對全球的環境生態與人類經濟活動造成嚴重威脅。面對此一嚴峻挑戰，「2050 淨零轉型」已成為國際共識，而「節約能源」與「提升能源效率」則被公認為邁向淨零排放的首要且最具成本效益之策略。

本主題「節能技術應用與能源管理」旨在協助學員掌握節能減碳的實務核心能力。內容將從企業最常見的公用設施（如空調、空壓、照明等）出發，探討如何依據系統性分析與效益評估原則選用適切的觀念；接著深入解析投資回收期計算與 ESCO 能源技術服務模式，協助學員具備專案財務評估與管理知識。

此外，為確保節能成效的可持續性，本章亦重點介紹 ISO 50001 能源管理系統的導入流程，包含能源績效指標（Energy Performance Indicator, EnPI）與能源基線（Energy Baseline, EnB）的建立方法，並淺談相關前瞻技術。期能透過「技術應用」與「管理制度」的雙軌並行，培養學員具備規劃與執行企業淨零轉型專案之整合性專業職能。



重點掃瞄

2.1 公用設施節能技術選用分析

1. 公用設施之定義與分類

公用設施係指企業或建築物中，用以支撐主要營運活動運作之間接能源設備，雖不直接參與產品製造，但具有長時間運行、覆蓋範圍廣、耗能占比高等特性，是節能潛力可觀的重點區域，例如：加熱、通風與空調系統、照明系統、空壓系統、電力供應系統、蒸汽處理系統等。

視產業別與設備性質而定，公用設施的種類不同，例如在服務業中，比較常見的是冷凍空調、照明與熱水；而在製造業中，冷凍空調系統、照明系統、空壓系統、加熱系統等公用設施則為常見設備。

表 1、公用設施定義與常見系統

類別	定義	舉例
公用設施	支撐主要營運活動或生產之使用設施	服務業：空調系統、照明系統
		工業：空調系統、照明系統、空壓系統、加熱、冷卻系統
製程設施	直接從事生產作業之設施	生產設施：反應槽、混合機、成型機

2. 節能技術選用原則

節能技術的選擇應從整體系統出發，優先檢視現場的系統設計是否合理、設備容量是否匹配、控制策略是否正確，再針對運轉負載變化的特性，來判斷有無達到設計目的，進而選用適合的節能技術對策。

不同場域在導入節能技術時，除了確認節能潛力與投資效益，也必須考量其與既有系統的相容性、長期維運可行性與安全要求。本節旨在提供技術選用時的核心判斷基準，協助使用單位及規劃人員以更有效且可驗證的方式進行節能決策。

(1) 系統性分析原則

應先從整體用能系統著手，建議以圖形化方式繪製能源供應、輸送與使用的流向與系統構成。接著檢視現場的系統需求、設計策略、設備容量、監看指標與控制策略是否相匹配，藉以確認系統是否真正滿足使用需求。透過此流程可找出主要耗能環節與潛在改善空間，避免日後僅針對單機改良，而忽略系統整體性能的提升。

表 2、系統分類與對應設備

系統分類	子系統/設備
空調系統	冰水機、冷卻水塔、水泵、送風設備、管路、控制器等
空壓系統	空壓機、儲氣桶、乾燥機、管路、控制器等
熱水系統	熱泵/鍋爐、儲熱槽、水泵系統、熱交換器、管路、控制器等
蒸汽系統	鍋爐、減壓閥/調節閥、管路、控制器等

(2) 效益與可行性原則

節能技術的選用常以投資報酬率 (Return On Investment, ROI) 作為首要考量，即投入金額可以在幾年內被回收，然而，ROI 不應作為唯一決策依據，企業需同時綜合考量「施工可行性、系統效應與長期維運難易程度」等面向進行整體效益評估。例如，改善熱負載或改善控制策略，可能一併讓後端沒有被汰換的設備負載下降，進而產生系統複利，使整體節能效益被放大；抑或是考量不同建築規模或類別（如辦公、醫院、學校、商場、工廠等）在運轉型態、能源需求結構、系統負載特性與維運能力的差異，選用符合未來經營方式的節能技術，以確保節能措施之實質成效與長期可行性。以下整理常見建築類別營運特性與建議方向。

表 3、建築類別適用建議

建築類別	營運特性	建議方向
住宅大樓	上下班和傍晚後至夜間的負載為主 • 住戶多、預算低、維運能力較弱	以管理改善為主，設備汰換為輔，強化公共區域設備之效率，如抽排風、照明、泵浦、電梯與插座用電檢討。
辦公大樓	日間負載為主 負載具時序性與空間分區的差異	宜採整合型節能措施，如高效中央空調系統、儲冰及建築能源管理系統，以兼顧節能與營運的穩定。
百貨/ 購物中心	營業時段長、負載變化大 各區域的用途廣泛多元（販售、餐飲、影城等）	可採分區控制與空調系統優化，輔以照明、電扶梯及冷凍設備節能管理，以提升整體能效。
醫院/ 醫學中心	24 小時運轉 特殊安全衛生需求（手術室、ICU 等）	節能措施應以安全衛生和韌性調適能力被滿足為前提，進行穩定性與冗餘性檢討，重點包括冷凍冷藏、空調、熱回收系統效率提升及監控最佳化。
學校/ 體育場館	時段性運轉（課堂時段） 空間分散、獨立空調為主 體育場館瞬間負載變化大，但平均負載低	利用分區控制、智慧排程及照明優化等措施，以達低投資、短回收之節能成效。體育場館常考量儲冰、預冷、新風、除溼、變風量、變水量。
超市/超商	顧客進出頻繁 設備貨品緊密並陳 長時段或 24 小時營運 冷藏冷凍用電占比高	管理面可著重室內設計如門廊、設備冷熱分離、照明切齊走道、冷藏櫃夜間捲簾等，設備部分則應著重冷凍冷藏系統效率提升，並結合合理照度與空調控制。
製造業工廠	製程導向、連續或三班制 公用系統耗能高	重點聚焦於空調、空壓、蒸汽等公用系統效率改善，或餘熱再利用，以確保節能的同時還能穩定製程。

(3) 相容性原則

節能技術的導入並非「外加一台好設備」就能成功，而是要確保它能與既有環境、系統及設備無縫整合，使整體系統的運作表現優於安裝前。然而，相容性檢討往往是節能技術導入前容易被忽略的關鍵步驟。許多改善措施在計畫書上看似合理，但實際接上既有系統和設備後，可能浮現群控邏輯失衡、管路壓力不穩、介面無法通訊、熱移除量不符需求等問題，不僅讓系統變得更難維護，甚至可能

導致能耗反而上升。因此，在選用技術與設備規格前，必須先通盤檢討能否與現場的設備容量、控制系統、操作流程和維保條件匹配，同時具備未來外掛儀表、系統擴充的彈性。

(4) 基準比較原則

以建立能源績效基準值（Benchmark）作為節能技術選用之判斷依據，是國際上常使用的方法，然而台灣尚無長期大量且公開的基準值統計數據，因此在實務面上，新建築宜以能源模擬為節能技術選用的參考基準，而既有建築應以自身的歷史運轉數據加上現場實測值作為主要比較的基準。基準值的選擇可包括總耗能、逐月或逐季耗能、各空間或產線設備總耗能、單位產品耗能、單位面積年耗電、單位冷凍噸功率等。企業可透過與選定基準值對照，檢視自身與同行業或同氣候帶建築之差異，挑選出後續改善的優先順序和績效檢討指標，藉由循環檢討，形成內部循環式的效能精進機制，更同時提升管理品質、降低技術導入風險，使節能方案在效益、投資與可行性之間達成平衡。

(5) 安全與法規遵循原則

節能技術的導入除追求效率提升與投資效益外，安全與法規遵循為所有改善行動的基礎前提。於規劃階段，應確認技術方案在建築、電氣、消防、職業安全與環境保護等面向皆符合法定要求，並符合場域屬性之使用規範，如涉及高壓氣體、蒸汽、燃燒系統或冷媒設備者，應依相關設置與檢驗規定執行設計與施工，確保設備操作安全及人員防護，在實務面，應於節能改造初期即進行安全性與合規性檢核，包含配電容量、系統冗餘、散熱通風、設備安裝位置與管線配置等。工程實施前宜由具資質之專業人員進行安全評估與圖說審查，以確保施工過程及完工後均符合安全規範。此外，醫院、資料中心、實驗室、工廠等對供電穩定或環境控制要求嚴格之場所，應優先考量不停機施工或分階段切換設計，以避免營運中斷與風險外溢。

在選用技術時，應確認設備及系統符合現行國家標準（CNS）、能源管理法及能源開發及使用評估準則等相關規範之要求，並依據建築技術規則與勞工安全衛

生相關法令檢核。若涉及政府補助或能源績效保證專案，亦應留意契約條件中對安全與法規遵循之責任分工與文件要求。安全與合規不僅是法令義務，更是確保節能投資成果得以長期發揮的必要條件。唯有在安全框架下進行節能改造，方能兼顧可靠運轉、環境永續與管理制度化之目標。

表 4、管制法規一覽表

法規名稱	主管機關	內容摘要	適用層面
能源管理法	經濟部 能源署	規範能源使用設備、能源用戶之管理責任及節能措施實施要求。	節能計畫 用戶能耗管理
能源開發及使用評估準則	經濟部 能源署	針對大型能源用戶（如一定規模以上之電力、石油煉製等開發案），於開發階段進行能源使用說明書之審查，確保能源使用效率。	新設或擴建之大型投資計畫
建築技術規則	內政部 國土管理署	規範建築物外殼耗能（ENVLOAD）、空調、照明及電氣設備之最低節能設計基準。	建築設計與施工
職業安全衛生法	勞動部 職安署	規定機械設備、壓力容器、危險物操作及施工安全要求。	設備操作、施工安全
空氣污染防治法/ 環境影響評估法	環境部	涉及燃燒設備、排氣與噪音控制等相關要求。	污染防治與環境保護
室內空氣品質管理法	環境部	規範公告場所之二氧化碳等污染物濃度，直接影響空調換氣率設定與能耗。	營運管理（IAQ與節能之權衡）

**範例考題**

- 下列何者屬於「公用設施」的範疇？
(A)成型機；(B)混合槽；(C)空壓系統；(D)煉鋼爐
- 節能技術選用原則的核心目的為何？
(A)追求最新技術導入率；(B)建立具邏輯性與可驗證性的技術評估基準；(C)鼓勵企業自由採購設備；(D)強化節能技術之商業推廣成效
- 下列何者最符合「系統性分析原則」的精神？
(A)僅針對單一馬達更換為高效率型；(B)以整體空調系統能流與負載調節進行分析；(C)依據投資回收期決定是否更換設備；(D)僅依設備年限判斷汰換時機
- 依系統性分析原則，空調系統若欲進行節能改善，下列哪項作法最為合適？
(A)僅更換冷卻水塔風機；(B)僅降低室內設定溫度；(C)檢討冰水主機、泵浦、冷卻塔及風機整體運轉效率；(D)關閉部分空調出風口以降低能耗
- 依效益與可行性原則，下列哪一項屬於評估節能技術時應同時考量的要素？
(A)設備外觀設計；(B)維保需求與營運風險；(C)廠商品牌知名度；(D)設備顏色與尺寸
- 技術相容性原則主要關注的重點為何？
(A)降低設備採購成本；(B)確保新技術能與既有系統順利整合；(C)提升品牌能見度；(D)加快施工進度
- 標竿比較原則中提到的「基準值 (Benchmark)」主要用途為何？
(A)作為設備保固條件；(B)建立能效比較基準與改善目標；(C)判斷施工安全標準；(D)評估廠商信譽
- 下列何者為標竿比較的主要目的？
(A)取得政府補助；(B)量化能效差距並確認改善優先順序；(C)減少法規文件編製工作；(D)增加投資金額
- 在安全與法規遵循原則中，下列哪一項屬於規劃階段應注意的檢核事項？
(A)供應商節能標章申請狀況；(B)設備外觀設計與顏色；(C)配電容量與系統冗餘；(D)設備採購流程

10. 關於節能技術選用時的「安全與法規遵循原則」，下列敘述何者最正確？

- (A)著重於施工與運轉階段之安全檢核與法規符合性；(B)主要針對製造商的設備登錄責任；(C)適用於新建工程，不適用於既有建築；(D)限消防系統相關設施需檢核

The logo for iPASS is displayed in a light purple color. The letters 'i', 'P', 'A', and 'S' are in a serif font, while the 'P' and 'A' are in a sans-serif font. A large, light green checkmark is superimposed over the 'A' and 'S'.

考題解析

1. **Ans (C)**

公用設施係指支撐主要營運活動或生產之使用設施，如空壓系統、空調、照明等，並非直接參與製程生產。

2. **Ans (B)**

本章宗旨在於提供節能技術選用的判斷依據，建立可驗證的評估架構，協助使用單位作出合理決策。

3. **Ans (B)**

系統性分析原則強調以整體用能系統為單位進行能源流向分析，避免僅著重單機改良。

4. **Ans (C)**

系統性分析強調以整體系統為單位進行能流檢討，如冰水主機、泵浦、冷卻塔與送風設備皆須整合分析。

5. **Ans (B)**

節能技術評估應兼顧節能效益、投資成本、回收期、維保需求及營運風險。

6. **Ans (B)**

技術相容性原則強調新技術須能與現有設備及操作流程相容，確保穩定運轉與維護便利。

7. **Ans (B)**

基準值用於比較能效表現、評估改善潛力及設定節能目標。

8. **Ans (B)**

標竿比較可藉量化比較辨識高耗能系統、確定改善優先順序，並協助決策。

9. **Ans (C)**

節能改造初期應檢核配電容量、系統冗餘、散熱與通風等安全性項目。

10. **Ans (A)**

此原則強調節能改造過程應兼顧安全性與法規遵循，於設計、施工及運轉階段均應檢核合規性。

2.2 節能技術投資效益與回收期評估

節能技術之投資評估通常以現況診斷、改善方案擬定與效益與回收期計算三項核心工作為基礎，其中現況診斷負責掌握既有系統的能源使用結構並辨識效率瓶頸；改善方案擬定則將診斷結果轉化為可執行的技術措施，並應優先檢討實際負載需求，進行系統最適化設計，再選用最適合的高效率設備取代；效益與回收期計算則提供投資合理性與決策排序的依據。前述三項核心工作環環相扣，形成由問題辨識、技術選擇到財務評估的完整決策流程。

1. 現況診斷

針對新建建築物，由於並無現況數據可供診斷，因此應優先確認符合我國《建築技術規則》及《新建建築物節約能源設計標準》之法規要求，若遇更進一步追求卓越節能績效（High Performance），則可參照美國 ASHRAE Advanced Energy Design Guides（AEDGs）以及 Standard 189 系列指南，依成本考量採取超越法規基準 30%、50%甚至淨零能耗之創新設計策略，而常搭配的工具為能源模擬軟體，如國際知名的 Energy Plus、eQuest、Autodesk 系列產品等，分析當地法規與建築系統設計情境之差異，從而選擇對業主最有利之方案。

針對既有建築物，現況診斷通常為節能效益評估的首要工作，目的在於掌握現有系統之能源使用需求特色、設計理念、設備清單、運轉特性及潛在損耗來源。診斷過程需結合資料蒐集及現場觀察，以全面了解各系統之運作效率與能源流向。

現場除彙整歷年能源單據與運轉紀錄外，必要時可使用量測儀器進行短期量測，如電力品質、溫度、流量、壓力、風速、管路特性、水質等，並且比對負載曲線與控制策略，以掌握即時能耗狀況並辨識潛在的效率偏差與改善機會；若具備建築能源管理系統（Building Energy Management System, BEMS），則可進一步運用其長期數據進行趨勢分析與用能特徵分析，觀察系統負載特性與其他變數的關係，如季節變化、訂單變化等，輔助確認能效基準與潛在節能區域。透過系統化的現況診斷，可進一步建立能源使用基準及能源績效指標（Energy Performance

Indicator, EnPI)，作為後續改善方案擬定與效益評估之依據，協助用能單位明確界定節能潛力與優先改善項目，為技術決策提供科學且可追蹤的基礎。

2. 改善方案擬定

由於新建建築並無具體需要改善之標的，因此以下所呈現的內容以既有建築為主。當完成現況診斷後，依據各主要耗能系統的運轉條件、效率瓶頸與實際能源負載需求，進一步須擬定具備可行性與經濟效益的節能改善策略，此一過程通常涵蓋四類作法，投入成本由低到高分別包括：操作調整、軟體控制、硬體設備更新與系統整合。

表 5、改善作法分類

改善作法	說明	範例
操作調整	既有設備的使用方式與設定優化，使系統在不改變硬體條件下即可降低不必要的耗能。	調整負載分配、環境設定值或開關機邏輯
軟體控制	透過自動化與智慧控制強化系統的需求反應能力，使設備能依不同負載條件動態運行。	導入變頻、群控、時段排程或感測控制等
硬體設備更新	應先檢討系統之實際負載需求與容量，進行最適化設計 (Optimal Sizing)，再選用符合或高於能耗基準之高效率設備取代既有裝置，避免因設計過大造成低效率運轉。	依據實際能耗需求調整，並將設備更新汰換至「一級能效」
系統整合	透過跨系統的能源運用協調，使能量流向得以最佳化，避免個別設備改善後因系統界面不一致而產生新的效率損失。	空調、空壓、冷卻水與熱回收的整體配置

在方案形成過程中，除需確認技術本身的可行性外，亦應評估現場施工動線、設備相容性、營運不中斷需求與後續維護負擔，以避免因改善措施而衍生新的操作風險或管理成本，較大型的節能措施可採分階段或模組化導入，以降低初期投資與營運衝擊。此外，應明確記錄改善方案之假設條件、預估效益、主要參數和計算過程，以利後續交接文件、追蹤效益及檢討績效。

3. 效益與回收期計算

改善方案的形成需同時兼顧技術成熟度、施工限制、維運負擔與投資能力，並可視場域需求採分階段導入，以降低初期投資風險並確保營運不中斷；效益計算時應注意電力與熱能之能量單位不可混用，建議統一採用 SI 單位，以確保符合國際趨勢，以及確保日後實施結果的可比性。以下提供常用公式，但僅適用於「相同條件」下做比較。常見的相同條件包括：外部熱負載（如溫度、濕度、外氣送風量、日射量等）、內部熱負載（如住房率、室內發熱量等）、營運條件（如空調面積、人員工時、設備開稼動率、產品重量、營業額等）。

- 年節約用電量 (kWh/年) = 改善前用電量 (kWh/年) - 改善後用電量 (kWh/年)
- 年節約用能量 (kLOE/年)^{註1} = 改善前用能量 (kLOE/年) - 改善後用能量 (kLOE/年)
- 節電 (能) 率 (%) = $\frac{\text{年節約用電 (能) 量}}{\text{改善前用電 (能) 量}} \times 100\%$
- 年節約金額 (元/年) = 年節約用電 (能) 量 × 平均電 (能) 價
- 回收年限 (年) = $\frac{\text{投資成本 (元)}}{\text{年節約金額 (元/年)}}$

註 1：若改善項目涉及蒸汽、燃油、燃氣或鍋爐系統等非電力設備，則可以油當量計算年節約用能量 (kLOE/年)，並依據該能源之熱值、係數換算油當量 (kLOE) = 能源使用量 × 能源熱值 ÷ 9,000 ÷ 1,000

表 6、熱值、油當量表

能源種類	熱值	熱值單位
外購電力	860	kcal/kWh
柴油	8,629	kcal/L
車用汽油	7,520	kcal/L
自產天然氣	8,710	kcal/m ³
液化石油氣	5,958	kcal/L



範例考題

1. 根據節能技術投資效益評估之架構，下列何者為三項核心工作？
(A)現況診斷、能源稽核、設備採購；(B)現況診斷、改善方案擬定、效益試算；
(C)改善方案擬定、工程施工、效益驗證；(D)現地訪查、效益試算、績效申報
2. 現況診斷的重要目的為何？
(A)掌握能源使用狀況及損耗來源；(B)取得設備製造商能效標示；(C)直接預估
節約金額；(D)安排改善工程施作
3. 短期監測主要用於？
(A)長期負載趨勢分析；(B)即時能耗掌握與效率偏差辨識；(C)評估設備汰換；
(D)推估投資回收年限
4. 下列何者屬於操作調整？
(A)更換高效率冰水主機；(B)導入群控或變頻；(C)調整開關機邏輯；(D)跨系
統熱回收整合
5. 設備更新的核心目的？
(A)改變操作時間；(B)提升設備能效；(C)避免使用 BEMS；(D)減少人力巡檢
6. 系統整合的典型例子為？
(A)調整室內溫度設定值；(B)以自動排程控制照明；(C)更換一級能效設備；
(D)冰水機組、冷卻水塔、水泵之整體配置
7. 大型節能措施通常需採何種方式降低風險？
(A)一次性同時汰換；(B)無需記錄任何參數；(C)分階段導入；(D)先進行回收
期驗證再規劃
8. 下列何者不是效益計算時需注意的事項？
(A)電力與熱能單位不可混用；(B)必要時統一換算成 kWh 或 kLOE；(C)計算
基準須一致；(D)可使用隨機熱值推估
9. 油當量 (kLOE) 計算需依據下列何者？
(A)設備品牌；(B)能源熱值；(C)電價；(D)使用者設定溫度

10. 若改善項目為鍋爐系統，下列敘述何者較正確？

- (A) 僅需計算用電量；
- (B) 必須以燃料熱值換算用能量；
- (C) 不需要考慮油當量；
- (D) 必須統一以 kWh 表示

The logo for iPASS is displayed in a light purple color. The letters 'i', 'P', 'A', and 'S' are in a sans-serif font. A large, light green checkmark is superimposed over the letter 'A'. The letter 'S' is also in the same font.

考題解析

1. **Ans (B)**

評估流程包含現況診斷→改善方案擬定→效益與回收期評估。

2. **Ans (A)**

現況診斷目的為掌握能源使用狀況、運轉特性與潛在損耗來源。

3. **Ans (B)**

短期監測用於量測功率、負載曲線與控制策略，以掌握即時能耗並辨識偏差。

4. **Ans (C)**

操作調整屬於「使用方式與設定優化」，例：開關機邏輯調整。

5. **Ans (B)**

設備更新的核心在於以更高效率或更合適規格的設備替代既有裝置。

6. **Ans (D)**

「系統整合」指的是在同一類系統內，透過整體配置與協同控制達到最佳能效。

7. **Ans (C)**

大型措施宜採分階段導入以降低衝擊。

8. **Ans (D)**

熱值需依能源種類採正確數據，不能任意使用。

9. **Ans (B)**

檔案指出油當量必須依「能源熱值」與係數換算。

10. **Ans (B)**

非電力設備需計算「年節約用能量 (kLOE/年)」並依熱值與係數換算。

2.3 ESCO 應用實務

1970 年代能源危機後，能源價格大幅上升，促使「能源技術服務業（Energy Service Company, ESCO）」應運而生。根據經濟部商業發展署對於 ESCO 的營業項目代碼為 IG03010，定義則是：從事新淨潔能源、節約能源、提升能源使用效率或抑制移轉尖峰用電負載之設備、系統及工程之規劃、可行性研究、設計、安裝、施工、維護、檢測、代操作、相關軟硬體構建及其相關技術服務之行業。ESCO 最大的特色在於《節能績效保證合約》（Energy Savings Performance Contract, ESPC）也就是以經過第三方採用國際方法學所驗證的節能績效，來支付節能改善的費用，讓甲方「有省錢，才付費」，也激勵乙方提升節能績效，是一種確保甲乙雙方雙贏互惠的商業模式。

1. ESCO 模式特色

(1) 節能費用攤還

投資費用以節省的能源費用分期償還。

(2) 節能績效保證

簽訂《節能績效保證合約》（Energy Savings Performance Contract, ESPC）約定績效指標與驗證方法。

(3) 節能績效驗證

依國際節能績效量測與驗證規範（International Performance Measurement and Verification Protocol, IPMVP）進行量測與驗證。

(4) 專案統包工程

除了傳統的能源診斷、設計、施工與維運，也因為引入公正第三方，依據國際方法學 IPMVP，因此得以提升專案還款能力的保證，因此更容易取得綠色融資。

(5) 非資產性擔保

以未來的節能績效作為融資保證。

(6) 國際認可與長期效益

ESCO 專案具可持續節能量與可查驗之保證結果，免除漂綠嫌疑，對於提升公司 ESG 信譽具有極大助益。

2. ESCO 執行流程

(1) 簽訂合作意向書

能源用戶與能源技術服務公司雙方確認合作意願。

(2) 現場能源診斷

進行資料調查、用能調查與潛力分析。

(3) 節能改善措施 (EEMs)

提出具體節能措施與效益預估。

(4) 節能績效量測與驗證計畫 (Measurement & Verification Plan)

建立能源基線與驗證方法。

(5) 簽訂節能績效保證合約 (ESPC)

明確投資金額、節能目標與分潤機制。

(6) 改善前量測與驗證

施工前以儀器量測舊有設備耗能情形，完成改善前能源基線建立。

(7) 施工與監造

依合約內容執行改善工程。

(8) 改善後量測與驗證

施工完成後以儀器量測實際耗能，撰寫 M&V 報告，提交予能源用戶（及 PCM 專案管理業者）審查。

(9) 績效確認與付款

達成約定節能績效後，依節能量分期支付。

3. 節能績效率量測與驗證計畫 (M&V) 方法

ESCO 專案中，節能績效需以可量化數據為依據。依據國際能源效率評估組織 (Efficiency Valuation Organization, EVO) 制定之國際節能績效率量測與驗證規範 (International Performance Measurement and Verification Protocol, IPMVP)，共分 A、B、C、D 四種選項：

表 7、IPMVP 量測與驗證選項

M&V 選項	實施方式	計算模式	成本費用
A、獨立改善項目 (測量關鍵參數)	針對改善的特定設備進行短期或連續量測或是能源用戶的耗能歷史資料，進行節能績效計算。	短期或長期量測與約定數據進行計算	決定於量測點的多寡與設備等級，費用大約占 1~5% 的節能專案成本。
B、獨立改善項目 (測量所有參數)	針對改善的特定設備進行短期或連續量測，獲得設備耗能資訊，進行節能績效計算。	短期或長期量測數據的進行計算	決定於量測點的多寡、系統型態及效益分析方式，一般費用大約占 3~10% 的節能專案成本。
C、全部設備	針對整個節能工程的實施範圍或整體廠房進行量測，進行節能績效計算。	公用儀表數據之分析	決定於待分析參數的數量及複雜度，費用大約占 1~10% 的節能專案成本。
D、校驗模擬	透過模擬計算，獲得全部或部分設備逐時或逐月的耗能量，藉此評估節能績效。	比較不同模型的耗能狀況	決定於分析系統的數量及複雜度，費用大約占 3~10% 的節能專案成本。

4. ESCO 實務應用案例

(1) 飯店 | 高雄某飯店-中央空調與熱水系統節能：

- **成果：**年省約 65 萬度電、減碳約 300 噸 CO₂e、節能率 45%；112 年度以 ESCO 輔導成功申請 500 萬政府補助，並將此納入公司年度 ESG 成果，提升整體企業競爭力。

- **作法：**汰舊換新冰水主機、水泵與低阻抗管路；增設高效率冷卻水塔、空調箱；導入熱泵與智慧溫控，最後結合智慧監控系統，並依照每日報表進行內部排程和行為面管理。

(2) 金屬製造業 | 某工廠-冷卻系統改善：

- **成果：**年省約 50 萬度電、減碳約 256 噸 CO₂e、節能率 45%；每年可節省 125 萬元。
- **作法：**將熱處理冷卻水泵及冷卻油噴射泵改為溫度控制變流量系統，增設變頻器。球化爐溫度控制系統之循環風機，改為溫度控制變風量系統，增設變頻器。酸洗排氣系統之排氣風機改為負壓控制風量，增設變頻器。

The logo for iPaaS features the letters 'iPaaS' in a light purple, sans-serif font. A large, light green checkmark is superimposed over the 'A' and 'S' characters, indicating a successful or approved process.



範例考題

1. ESCO 最大的特色是什麼？
(A)以政府補助支付投資費用；(B)以節能效益支付投資費用；(C)以企業投資額度決定節能幅度；(D)以客戶預算全額支付改善費用
2. ESCO 模式與傳統節能工程最大不同之一為：
(A)不需進行量測與驗證；(B)節能費用攤還；(C)完全不需要施工；(D)不需簽訂任何合約
3. 《節能績效保證合約》(ESPC) 的主要目的為：
(A)控管設備採購流程；(B)確保節能績效落實；(C)減少施工成本；(D)增加政府補助金額
4. ESCO 量測與驗證 (M&V) 會依循之國際標準為：
(A) ISO9001；(B) ISO50001；(C) IPMVP；(D) LEED 評估標準
5. ESCO 案中「改善前量測與驗證」的目的為何？
(A)建立改善後之能耗基線；(B)估算未來設備維修費用；(C)建立改善前能耗基線；(D)驗收工程品質
6. 國際節能績效量測與驗證規範 (IPMVP) 選項 A 的特色為：
(A)針對全部用電設備進行量測；(B)依模擬進行節能計算；(C)僅量測關鍵參數；(D)必須量測所有參數
7. 國際節能績效量測與驗證規範 (IPMVP) 選項 D 的主要特徵為：
(A)只能用於冰水主機；(B)需要使用模擬模型進行比較；(C)不需要任何實測數據；(D)成本最低
8. 若希望以整體廠房用電量進行節能績效分析，適用之 IPMVP 選項為：
(A)選項 A；(B)選項 B；(C)選項 C；(D)選項 D
9. 以下何者最能代表 ESCO 模式的精神？
(A)前期設備投入由客戶全額負擔；(B)以節能效益分攤或保證機制回收成本；(C)不需進行工程施工；(D)無須提供量測與驗證資料

10. ESCO 模式常被政府推廣的原因之一是：

- (A)不需要任何專業能力即可執行；
- (B)能產生可持續、可查驗之節能成果；
- (C)專案皆由政府全額買單；
- (D)適用於所有場域無需評估

The logo for iPaaS features the letters 'iPaaS' in a light purple, sans-serif font. A large, light green checkmark is superimposed over the 'A's, indicating a positive or successful outcome.

考題解析

1. **Ans (B)**

ESCO 最大特色是「有節能才付款」，以節能效益回收投資，而非客戶或政府先行負擔全部費用。

2. **Ans (B)**

ESCO 以節能成果分期償還投資，因此不需客戶一次付清，這是與傳統工程最明顯的差異。

3. **Ans (B)**

ESPC 合約用來明確規範節能目標並保證成果，讓用戶能以契約保障節能效果。

4. **Ans (C)**

它是全球最廣泛使用的 ESCO 計畫標準，專門定義了如何透過量測、數據分析與調整（如氣候或產能修正），來計算出專案的「真實節能量」。

5. **Ans (C)**

在改善前量測耗能，是為建立「能源基線」，方便改善後比較節能量。

6. **Ans (C)**

7. **Ans (B)**

8. **Ans (C)**

9. **Ans (B)**

ESCO 的精神就是「節能＝現金流」，透過分潤或保證機制讓投資回收不需客戶先付大筆費用。

10. **Ans (B)**

ESCO 透過 M&V 提供可證明的節能成效，因此政府願意推廣，可有效提升能源效率與減碳。

2.4 ISO50001 能源管理系統導入與運用

ISO50001 為國際標準化組織 (ISO) 制定之能源管理系統 (Energy Management System, EMS) 標準，其目的在於協助組織以系統化方式管理能源使用，持續提升能源績效 (Energy Performance)。相較於單一節能措施的推動，ISO50001 強調以制度化機制確保能源改善能持續、可追蹤且具可驗證性，並透過「能源盤查」、「重要能源使用 (Significant Energy Use, SEU) 辨識」、「能源績效指標 (EnPI)」、「能源基線 (Energy Baseline, EnB)」等核心技術工具，使節能提升從「一次性改善」轉變為「持續改善」。

在企業或組織導入節能措施時，常面臨決策依據不足、改善成果難以驗證、跨部門協作不易、維運程序不一致等問題；ISO50001 提供了可操作的管理框架，使能源管理能從制度、流程、組織、行動、審查等面向逐步落地。本節以「導入實務」為重心，說明組織在導入 ISO50001 時的流程、方法與常見技術工具，協助能源管理人員具備規劃與運用能力。

1. ISO50001 導入流程概述

依據國內常見運作方式，導入 ISO50001 通常可分為六大階段，如下表所示，透過此循環機制，能源管理由「措施執行」正式轉向「制度運作」：

表 8、ISO50001 導入六大階段

階段	說明	主要輸出成果
啟動與組織建立	確立能源管理委員會、指定管理者代表、界定能源管理角色與職責。	組織章程、角色職責、推動計畫
能源盤查	蒐集能源數據、辨識 SEU、分析能源使用模式、找出效率瓶頸。	能源盤查報告、SEU 分析、能源使用模型
設定 EnPI 與 Baseline	根據 SEU 與數據特性建立能源績效指標與能源基線。	EnPI 與 Baseline 設定文件
制定能源改善目標與行動計畫 (EnMP)	依據盤查結果制定改善計畫、KPI、時程、負責人與所需資源。	能源目標與改善行動計畫 (EnMP)

階段	說明	主要輸出成果
執行、監測與文件化	落實改善措施、建立監控機制、定期追蹤及調整。	執行紀錄、監測報告、文件與程序書
內部稽核與管理審查	稽核系統符合性、檢視績效成果、提出修正與改善方向。	稽核報告、管理審查報告

2. 能源盤查方法與重要能源使用（SEU）辨識

能源盤查是 ISO50001 最核心的技術工作，其目的在於系統化掌握能源使用結構、辨識高耗能來源與效率瓶頸，並作為後續目標設定與改善計畫的基礎；能源盤查主要內容為：

(1) 能源使用量數據收集

包含電力、燃油、天然氣、冷熱源等，需彙整至少一年以上之數據。

(2) 設備與系統調查

蒐集各設備規格、負載特性、操作模式與運轉時數。

(3) 負載分析與趨勢判讀

可使用電表、IoT 感測器或 BEMS 系統資料進行趨勢分析。

(4) 辨識重要能源使用（SEU）

其判斷依據包含「能耗占比」、「可控制性」、「效率偏差」、「重要性」等。SEU 的辨識結論將直接影響後續 EnPI、Baseline 與改善計畫，因此務必以可量化方式判定，例如採「加權評分法」或「費用占比分析法」。

表 9、SEU 辨識之評估面向

面向	說明
能耗占比	年能源使用量占比高者優先
效率偏差	設備老化、低效率運轉者
重要性	與主要營運或產品品質高度相關者
可控制性	能透過管理措施調整者（排程、設定值、控制策略等）

3. 能源績效指標 (EnPI) 與能源基線 (EnB) 建立

能源績效指標 (Energy Performance Indicator, EnPI) 與能源基線 (Energy Baseline, EnB) 是 ISO50001 中最具技術性的兩項工具，用於量化能源績效變化、評估改善行動之成果。

(1) EnPI 的建立原則：

EnPI 應根據 SEU 的特性進行設定，如：

- 密集度指標：kWh/噸、kWh/人、kWh/RTh
- 效率指標：冰水主機 COP、空壓系統比功率 (kW/m³/min)
- 營運指標：每坪用電、每營業額用電

EnPI 建立注意事項：

- 指標需與 SEU 有直接關聯
- 計算方式須一致且可追溯
- 指標應避免因產量或外在因素變動而失真
- 儘可能以「可量化資料」建立 (避免主觀評估)

(2) 能源基線 (EnB) 建立方法：

能源基線 (EnB) 是用來比較改善前後能源績效的基準，通常採用過去連續 12 個月或具代表性之期間；常見方法如下：

表 10、EnB 建立方法比較

方法	特性	適用情形
簡單平均法	以歷史能耗平均值作為基準	負載變動小、季節性不明顯
迴歸分析法	以氣溫、產量等變數建立能源模型	建築空調、製造產量變動大者
分段基準法	依營運模式建立多條基線	複合用途建築、營業時間不同區域
多變量模型	複雜設備或連續製程	影響因子多、需精準控制者

4. 能源改善行動計畫 (EEMs) 制定原則

在 SEU、EnPI 與 Baseline 皆完成後，需制定具體的能源改善行動計畫 (Energy Efficiency Measures, EEMs)，內容至少應包括：

(1) 改善目標 (具量化基準)

以可量化數據 (如 kWh、%等) 設定組織欲達成的能源績效水準。

(2) 目標負責單位與人員

明確指派負責達成能源目標的部門與執行人員。

(3) 所需資源 (人力、設備、預算)

列出為達成目標所需投入的必要資源與支持。

(4) 時程與關鍵里程碑

規劃改善措施的執行週期及各階段應完成的具體項目。

(5) 預估節能效益

以可量化方式估算改善後可達成的節能成果。

(6) 監測方法與追蹤指標

定義如何量測、追蹤與評估改善成效的管理方式。

(7) 風險與控制措施

辨識可能阻礙目標達成的風險並提出相應的因應策略。

5. 監測、文件化與持續改善

ISO50001 的核心精神在於強調能源改善必須「可驗證」，因此所有的改善措施都需要具備可追蹤的數據、可查驗的流程以及完整可回溯的文件紀錄。

為確保改善成效的透明性與可靠性，組織在監測方面通常會使用能源管理系統 (如 BEMS 或 EMS 等)、佈建 IoT 感測器以量測電流、流量、溫度與壓力，並搭配週期性的儀表量測與趨勢分析工具，必要時亦會設定警報機制以便即時掌握異常情形。

有效的監測資料應包含主要重要能源使用（SEU）的即時負載資訊、不同時間尺度下的用能趨勢（如逐時、逐日、逐月），並同時納入氣溫、產量或營運時段等外在變數，以便正確解讀能源績效的變化，此外對於運轉過程中可能發生的危險或異常事件也需適當記錄，以作為改善與決策的依據。為了確保能源績效能持續提升，而非僅在導入初期獲得短期改善，ISO50001 亦要求組織定期執行內部稽核（至少每年一次），並透過管理審查檢視能源目標的達成狀況、資源配置是否充分以及潛在風險是否已妥善控管。

整體而言，ISO50001 透過監測、文件化與持續審查的機制，使能源管理成為一項長期而穩定的制度化行為，而非一次性的技術升級。



iPASS



範例考題

1. ISO50001 導入流程中，何者屬於「能源盤查」的主要工作？
(A)撰寫管理審查報告；(B)蒐集能源使用資料與辨識 SEU；(C)編制預算；
(D)設計消防設備
2. SEU 辨識的主要考量因素為何？
(A)設備外觀；(B)能耗占比與效率偏差；(C)廠商品牌；(D)使用壽命
3. EnPI 的設定原則應優先考慮：
(A)指標需與 SEU 有關聯性；(B)指標越多越好；(C)以主觀經驗判定；(D)以顏色分類指標
4. 下列何者最適合作為空壓系統的 EnPI？
(A)每人平均用電 kWh/人；(B)冷卻水溫度 °C；(C)比功率 kW/m³/min；(D)業績金額\$NTD
5. 基準線 (EnB) 建立時，何者最不恰當？
(A)採不具代表性之個別月份；(B)採連續 12 個月歷史數據；(C)建立迴歸模型；
(D)設定多段基準線
6. 能源改善行動計畫 (EEMs) 需包含下列何者？
(A)設備購置合約；(B)量化目標與時程；(C)職員薪資；(D)廠商品牌
7. 在監測機制中，何者屬於標準實務？
(A)使用 BEMS 趨勢資料進行用能判讀；(B)不需蒐集運轉數據；(C)以人工猜測能耗；(D)僅於設備故障時檢查
8. 內部稽核的主要目的為何？
(A)判斷員工績效；(B)檢查能源管理系統之符合性；(C)汰換設備；(D)制定工安規範
9. SEU 辨識後之下一個步驟通常為？
(A)撰寫參考文獻；(B)建立 EnPI 與 EnB；(C)製作財務報表；(D)進行消防演練

10. ISO50001 的核心精神之一為：

- (A)以節能效益支付投資成本；
- (B)持續改善能源績效；
- (C)完全不需量測；
- (D)僅適用工廠場域

The logo for iPASS features the lowercase letters 'i', 'P', 'A', 'S', and 'S' in a light purple color. A large, light green checkmark is superimposed over the letter 'A', extending from the top right to the bottom left.

考題解析

1. **Ans (B)**

能源盤查包含能源數據蒐集、趨勢分析與 SEU 辨識。

2. **Ans (B)**

SEU 主要依能耗占比、效率偏差、重要性、可控制性判定。

3. **Ans (A)**

EnPI 必須直接反映 SEU 的能源使用特性。

4. **Ans (C)**

比功率 ($\text{kW}/\text{m}^3/\text{min}$) 是空壓系統常用的能效指標。

5. **Ans (A)**

僅採個別月份無法代表實際負載變化，容易造成偏差。

6. **Ans (B)**

EEMs 至少需包含量化目標、時程、責任單位與資源。

7. **Ans (A)**

BEMS/EMS 趨勢分析是標準監測方法之一。

8. **Ans (B)**

內部稽核用於確認系統運作符合標準要求。

9. **Ans (B)**

SEU 辨識→建立 EnPI/EnB→制定行動計畫。

10. **Ans (B)**

ISO50001 的核心精神為 PDCA 與持續改善能源績效。

2.5 節能相關前瞻技術

隨著淨零轉型的深化，相關前瞻技術的需求也應運而生，目前主要的關注領域在於：基礎材料特性的突破、更大規模的數位基礎建設和系統管理技術。

隨著淨零轉型深化，能源管理已超越單純的設備汰換，邁向跨領域整合的新階段。本節將聚焦於五大關鍵前瞻技術，探討如何從底層材料到頂層數據治理，全面提升能源效率；包括新材料的開發、聯合循環燃氣渦輪機組、AI 即時需量控制、數位孿生與區塊鏈、氫能。透過掌握上述技術，規劃人員將能突破單點改善的限制，為企業建構具備韌性與智慧的次世代能源管理藍圖。

1. 新材料開發：從微觀結構提升巨觀能效

(1) 相變化材料 (Phase Change Materials, PCMs)

發展低成本、安全、無毒、不可燃、易保存、潛熱大等特性之的有機（如石蠟衍生物）或無機相變化材料，利用在需要能量輸送過程，或是保溫材料中，進行能量的儲存與釋放，例如建築外殼、高溫設備、低溫物流等，潛力巨大。

(2) 金屬有機框架 (Metal Organic Frameworks, MOFs)

發展高效率且吸附量大的 MOF，加上其超高比表面積與孔隙率，可以應用於諸多能源環保領域，例如新一代除濕與吸附式製冷系統 (Adsorption Cooling)，或是抓取並且置換特定分子如氫氣、汙染物、溫室氣體等，再以極低的能耗，或來自廢熱回收)，驅動這些分子的再生，都是未來非常值得期待的明日之星。

(3) 奈米碳管 (Carbon Nanotubes, CNTs)

該物質特性擁有極高強度、導熱、導電和化學穩定性，是新一代電池、電容、儲氫等效率提升和安全性提升的關鍵材料；而若應用於營建材料如混凝土中，也可增強結構強度並且因為減少使用量，進而降低蘊含碳，或作為高效導熱添加劑應用於熱交換器與儲能設備中，提升系統熱傳導效率。

2. 聯合循環燃氣渦輪機組 (Combined Cycle Gas Turbines, CCGTs)

傳統燃煤電廠主要採用單一蒸汽循環系統，熱效率約介於 33~40%，但是 CCGTs 則結合了燃氣輪機與蒸汽輪機兩種發電機制，將高溫廢熱回收進入蒸汽輪機進行第二階段發電，效率可達 60% 以上，且每度電排放溫室氣體驟減 50~60%，同時具備快速啟動能力。

3. 人工智慧：即時需量控制 (Real-time Demand Control)

AI 在能源管理的角色已由過去單純的「被動監測與視覺化」，演進為具備預測能力的「主動式控制系統」。透過整合物聯網 (IoT) 與高階演算法，在毫秒等級的時間尺度下，針對更大規模的建築、工廠、城市之複雜能耗進行全域最佳化 (Global Optimization)。

(1) 模型預測控制 (Model Predictive Control, MPC) 與強化學習

傳統的 PID 控制或邏輯規則 (Rule-based) 難以應對非線性的負載變化 (如天氣突變或製程波動等)。前瞻技術導入模型預測控制 (MPC)，利用物理模型預測未來時段的系統行為，並結合深度強化學習 (Deep Reinforcement Learning, DRL)，讓 AI 代理 (AI Agent) 在虛擬環境中不斷試誤與學習，最終能在真實場域中，根據當下的氣象預報、電價費率與人員密度，自動計算出「全系統最低能耗」的運轉參數 (例如：同時微調冰水主機出水溫、水泵頻率與冷卻水塔風扇轉速)，實現超越資深操作員經驗的精細控制。

(2) 邊緣運算 (Edge AI) 與低延遲響應

為了應對電網頻率調節 (Regulation) 或即時需量反應的需求，數據處理已從雲端下放到地端設備，即所謂的邊緣運算。透過在閘道器 (Gateway) 或控制器內建輕量化 AI 模型，可免除網路傳輸延遲，使設備能在偵測到電網頻率異常或超約風險的瞬間 (毫秒等級) 卸載非關鍵負載，確保能源韌性與安全性。

4. 數位孿生與區塊鏈：城市尺度建模與可追溯治理

數位孿生（Digital Twin）時代備受期待，目前世界各國正積極測試建立全城市尺度的模型，初步已有交通管理的成功案例，但是建築能源模型（Urban Building Energy Modeling, UBEM）的部分則仍待開發。

(1) 快速低成本建模

結合光達（LiDAR）、GIS 資訊與建築內部設備、人流、稅籍等資料，再利用演算法可快速構建城市級的幾何與能源模型，但是建築內部資訊的建立與整合仍需持續開發。

(2) 安全數據交換與績效追溯

為解決跨組織能源數據交換的信任問題，導入區塊鏈（Blockchain）或分散式帳本技術（Distributed ledger Technology, DLT）成為關鍵。透過第三方帳本不可竄改的特性，詳實記錄能源數據與節能績效，除可保障數據在安全無虞下進行交換，更為碳權交易或綠色金融提供可追溯（Traceability）且具公信力的驗證基礎。

5. 氫能前瞻技術

氫能主要扮演重工業與運輸等難減排部門（Hard-to-abate Sector）的減碳工具。國際能源總署（IEA）2025 年《Global Hydrogen Review》指出，2024 年全球低排放氫（再生能源電解與化石燃料結合 CCUS）產量約 0.8 百萬噸，僅占氫氣總產量不到 1%，但已有超過 1,000 項氫能政策工具及專案上路，後勢看好。

(1) 低排放製氫技術

傳統的氫氣主要來自化石燃料重組（灰氫），但因為碳排放強度高，所以目前主要研發都集中在以下幾類「低排放製氫」路線：

A. 高效率水電解技術

該技術主要鎖定的技術痛點是效率、成本、耐久性，因此鹼性電解法（Alkaline Electrolysis, AEL）、質子交換膜（Proton Exchange Membrane, PEM）與固態氧化物電解（Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC）為目前主流，重點包括：降低貴金屬

用量、提升電極與電解質耐久性、發展高壓直出電解槽以減少後端壓縮能耗；其中，高溫 SOEC 可利用工業餘熱與蒸氣，提升電能轉換效率，被 2025 年 IEA 報告列為創新與投資聚焦領域之一。

B. 化石燃料重組結合 CCUS

由於 2030 前，綠氫產量尚難大幅提升，因此化石燃料重組結合 CCUS 產氫仍被多數碳排放情境視為一個過渡時期的重要氫氣來源。目前前瞻研究重點在於提升碳捕捉率到 98%，並且降低捕捉 CO₂需要的大量能耗，方法包括整合工業餘熱、再生熱源，並提升天然氣重組效率為主要前瞻技術領域。

C. 廢棄物／副產品整合的製氫技術

以「廢液、廢氣」為電解或轉化原料，例如以碘系廢液取代純水電解，改變傳統電解的反應邏輯，利用較低反應電位同時達成廢液處理與製氫，使得氫的生成過程同時具備較低能耗與資源循環效益。屬於「氫能融合循環經濟」的新興型態，有助於擴大原料來源，使氫製程朝向多元、低排放與零廢棄的方向發展。

D. 天然氫（Geologic Hydrogen）探勘

除了傳統的電解與重組技術路徑外，天然氫正成為近年各國積極投入的新興前瞻技術。透過地質勘探尋找「地下氫」資源，有機會取得成本更低、碳排更小的天然氫。由於氫氣極為活潑，在自然界通常不以游離狀態存在，因此目前仍處於資源存量評估與開採方法驗證階段。

(2) 氫儲存與運輸前瞻技術

氫的體積大、活性高，因此低成本且安全的儲存和運輸是能大量普及的關鍵技術，目前主要可分為三類：

A. 物理儲存：壓縮與液化氫

壓縮氫在燃料電池車（~700 bar）與工業供氣（~350 bar）已廣泛應用，但因高壓容器容易長期產生金屬疲勞、洩漏，亟需克服，例如相關表面塗層、新型結構複合材料，減少重量並抑制氫脆造成的裂解與疲勞。

液化氫（ -253°C ）適合大規模運輸與航太應用，但是液化能耗高與蒸發損失（Boil-Off）大是主要挑戰。目前國際上已有針對高效率氫製冷循環與磁製冷等新型低能耗液化技術進行開發，以降低液化電力需求；另，複合材料低溫儲槽與主動再冷卻系統也是抑制 Boil-Off 的重點技術。

B. 化學載體：氨、甲醇與液態有機氫載體(Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC)

氨（ NH_3 ）可在常壓液態儲存，被視為航運與長距離運輸的重要氫基燃料，但其 NO_x 洩漏與毒性問題仍在，因此低 NO_x 氨燃燒器與選擇性觸媒還原（SCR）整合系統尤為關鍵，加上高效率氨裂解（Ammonia Cracking）催化技術，可使氨氣在終端高效轉換為氫。

甲醇與液態有機氫載體（LOHC）則以液態分子儲氫，透過加氫／脫氫反應完成儲放氫，但目前主要瓶頸在於催化效率、反應溫度與循環壽命。相關前瞻技術包括：新一代脫氫催化劑、低溫脫氫反應器、小型化模組化循環系統，以及全流程能量效率最佳化設計；若能降低脫氫能耗並提升循環穩定性，將使 LOHC 與甲醇具備與既有物流體系兼容的長途運輸潛力。

C. 固體儲氫材料

2025 年諾貝爾化學獎—金屬有機框架（Metal Organic Framework, MOF）與一系列相關的複合材料可在溫和條件下高密度儲氫，具有安全性高、體積能量密度優異等優點，但目前仍受限於成本、重量與脫氫速率。常見前瞻技術包括：快速脫附反應材料的設計、低成本大規模量產技術，以及相關熱管理與智慧控制系統，是改善脫氫速度與系統效率的重點工作。

6. 儲能前瞻技術

再生能源占比提高後，電網需要更多彈性資源來平衡供需兩端。儲能是其中最重要的選項之一。至 2024 年底，全球已投入運營之電力儲能總年增長率達 28.6%，累計裝置規模達 372 GW，抽蓄水力 54.3%、熔融鹽儲熱 1.2%、新型儲能 44.5%。其中新型儲能累計裝機量達 165.4 GW，首次破百。

(1) 電化學電池技術

A. 鋰離子電池的優化與多元化

磷酸鐵鋰 (LFP) 具備高安全性、長壽命與耐高溫特性，但其能量密度相對偏低，限制其在長續航載具與緊湊型儲能系統廣泛應用，目前多透過摻雜改質與奈米結構化正極顆粒提升比能量，至於低溫環境下則以外部加熱提升續航為常見的工程手法。

三元材料 (NMC) 具備高能量密度與優良低溫性能，但其高鎳配方面臨熱穩定性下降、循環衰減加劇與成本上升等挑戰。目前技術著重於開發高鎳 NMC 的表面塗層、梯度結構與高效晶界穩定化技術，以改善熱穩定性，並透過低鈷或無鈷配方、氟化電解液、高電壓固態電解質等方案提升循環壽命與成本競爭力。

B. 鈉離子電池

鈉離子電池 (Na-ion) 還不是一個成熟產品，雖具備低成本、不依賴鋰與鈷等稀土的供應鏈優勢，但目前能量密度仍低於鋰電池，且低溫性能與循環壽命仍待提升。這塊領域的前瞻技術多聚焦在突破比能量限制，例如新型高電壓的層狀正極氧化物、自生成硬碳負極材料，加上電解液配方優化 (例如 NaFSI)，商用產品已能將循環壽命 3,000 次提升到 10,000 次，能量密度從 130 Wh/kg 躍升到 175Wh/kg，且從-30°C 容量維持 50%提升到-40°C 容量保持 90%。

鈉離子電池後勢看好，但市場預估 2030 上市關鍵在於能否順利沿用當前鋰電池生產線，才能讓產品快速、便宜、且穩定地進入市場取代鋰電池，因此相關量產技術也是重點研發領域。

C. 固態電池

相較傳統鋰電池的電解液和隔膜佔據電池體積約 40%，重量約 25%，固態電池則是沒有這些結構，其節省的空間，還不包括更換正負極材料就能提升能量密度，以特斯拉 4680 電池能量密度 622 Wh/升提升到至少 800Wh/升。若進一步採用高鎳正極材料與鋰金屬負極材料，目前已能將能量密度提升到 900 Wh/升，約當讓今天續航里程 600 公里的純電動車提升到 1,000 公里。其潛力受到高度重視，

被各國視為中長期關鍵技術之一。

現階段主要技術瓶頸在於怎樣讓鋰離子在全固態的環境裡在正負極之間快速流動；目前有三種主流技術，分別是：1.聚合物：透過結構設計把聚合物做成像是一條柔軟的繩子，上面掛著很多可以和鋰離子互動的化學結構，讓鋰離子沿著繩子流動，製程相對單純，但目前只能在 $>60^{\circ}\text{C}$ 環境下工作，且充電慢、導電率低。2.硫化物：最大的優勢是導電率接近液態電解質鋰電池，但由於電解液跟負極材料都跟傳統離電池不同，加上新的電解液中的硫化物容易與空氣中的水跟氧氣發生反應，甚至遇到明火引起爆炸，因此對於產線管理跟使用環境要求很高。再者，生產電解液的材料價格比起傳統電解液昂貴，讓最終的產品價格每公斤從 10 美元提高到 100 美元，也是未來需要克服的問題，最後是鋰離子進出電解液時，如果沒有進到負極材料，就會往外結晶導致正負極短路，也尚待解決。3.氧化物：由於電解質是固態的，因此不存在前述結晶引發的正負極短路，且相關材料如磷酸鈦鋁鋰（LATP）、鋰鏷鈦氧化物（LLTO）、鋰鏷鋅氧化物（LLZO），不會產生毒氣，因此過程安全。但由於 LLTO 和 LLZO 涉及貴金屬與稀土，因此供應鏈和價格都是隱患。最後就是界面問題，例如一片表面不平整的陶瓷如何正負極做到充分接觸，目前相關的技術是讓接觸面添加 5~10%的液態電解液，稱作半固態電池，但就達不到全固態電池的完整性能。



範例考題

1. 目前節能相關前瞻技術的主要關注領域不包含下列何者？
(A)基礎材料特性的突破；(B)更大規模的數位基礎建設；(C)系統管理技術；
(D)傳統單一設備的維修與更換
2. 在人工智慧的能源管理應用中，「邊緣運算 (Edge AI)」的主要優勢為何？
(A)可以利用雲端強大的算力進行長時間的大數據分析；(B)能夠免除網路傳輸延遲，實現毫秒等級的即時需量反應；(C)主要用於建立全城市尺度的幾何模型；(D)可以完全取代人類操作員的所有工作
3. 關於「金屬有機框架 (MOFs)」在節能上的應用，下列敘述何者正確？
(A)主要用於增強混凝土的結構強度；(B)利用其超高比表面積與孔隙率，應用於除濕與吸附式製冷系統；(C)其導熱係數極高，適合做為散熱鰭片；(D)只能透過傳統壓縮機驅動，無法利用廢熱
4. 關於聯合循環燃氣渦輪機組 (CCGTs) 的效益，下列敘述何者正確？
(A)熱效率約介於 33~40%；(B)僅使用燃氣輪機進行單一階段發電；(C)每度電排放溫室氣體較燃煤電廠減少 50~60%，且熱效率可達 60%以上；(D)啟動速度慢，不適合需快速反應的場合
5. 針對氫能製程技術，高溫固態氧化物電解 (SOEC) 被列為重點關注領域的主要原因為何？
(A)它可以利用工業餘熱與蒸氣，提升電能轉換效率；(B)它是目前成本最低且技術最成熟的製氫方式；(C)它完全不需要使用任何電力即可產氫；(D)它主要使用廢液作為電解原料
6. 本章節中提到「廢棄物/副產品整合的製氫技術」，其核心概念為何？
(A)利用地質勘探尋找地下天然氫；(B)使用碘系廢液等取代純水電解，同時達成廢液處理與低能耗製氫；(C)將氫氣轉化為氨氣以便於運輸；(D)利用燃煤發電的廢氣進行碳捕捉

7. 關於氫氣的儲存與運輸技術，下列關於「氨 (NH₃)」的挑戰與對策何者正確？
 (A)氨無法在常壓液態下儲存，運輸極為困難；(B)氨完全無毒，是目前最安全的氫載體；(C)需克服 NO_x 洩漏與毒性問題，並發展高效率的氨裂解 (Ammonia Cracking) 技術；(D)氨的主要應用是用於製造鋰電池電解液
8. 在建立全城市尺度的建築能源模型 (UBEM) 時，前瞻技術傾向結合光達 (LiDAR) 與 GIS 資訊，其主要優勢為何？
 (A)可以完全取代人工現場抄表；(B)利用自動化演算法快速構建幾何與能源模型，降低建模成本與時間；(C)僅能應用於單一棟建築物，無法擴及城市；(D)需要耗費大量人力進行測量
9. 導入「區塊鏈 (Blockchain)」或分散式帳本技術 (DLT) 於能源數據交換的主要目的為何？
 (A)加快數據的傳輸速度；(B)降低資料庫的儲存空間；(C)提供不可竄改的特性，建立可追溯且具公信力的績效驗證基礎；(D)讓所有數據變成公開資訊供大眾隨意下載
10. 關於「鈉離子電池 (Na-ion)」的發展，下列敘述何者符合文中所述？
 (A)能量密度已經大幅超越三元鋰電池；(B)雖然不依賴鋰與鈷，但目前能量密度仍低於鋰電池；(C)預計 2025 年即可完全取代所有鋰電池市場；(D)低溫性能極差，在 -30°C 時容量會歸零

考題解析

1. **Ans (D)**

目前的節能前瞻技術（Energy-Efficiency Frontier Technologies）早已跳脫「壞了才換」或「單機優化」的傳統思維，轉而追求更具革命性的突破。

2. **Ans (B)**

邊緣運算（Edge AI）是將數據處理下放到地端，在閘道器內建 AI 模型，可「免除網路傳輸延遲」，在毫秒等級瞬間卸載負載。(A)雲端運算通常有延遲問題。

3. **Ans (C)**

MOFs 發展高效率且吸附量大，加上超高比表面積與孔隙率，可應用於吸附式製冷或抓取特定分子（如氫氣、汙染物）。

4. **Ans (C)**

由於天然氣含碳量較低且 CCGT 效率極高，其碳排放量約僅為傳統燃煤電廠的一半左右（50~60%）。

5. **Ans (A)**

高溫 SOEC 的特點在於可利用工業餘熱與蒸氣，提升電能轉換效率，被 IEA 列為創新聚焦領域。

6. **Ans (B)**

「廢棄物/副產品整合的製氫技術」以廢液（如碘系廢液）取代純水電解，利用較低反應電位同時達成廢液處理與製氫。

7. **Ans (C)**

氨可在常壓液態儲存，但面臨 NO_x 洩漏與毒性問題，關鍵技術在於低 NO_x 燃燒器與高效率氨裂解催化技術。

8. **Ans (B)**

在數位孿生技術中，結合 LiDAR、GIS 與自動化演算法，目的是為了快速且低成本地構建城市級的幾何與能源模型。

9. **Ans (C)**

區塊鏈與分散式帳本技術的主要價值在於不可竄改與可追溯（Traceability），解決跨組織數據交換的信任問題，適用於碳權交易或綠色金融。

10. **Ans (B)**

區塊鏈或分散式帳本技術（DLT）的導入是為了詳實記錄能源數據，保障數據安全交換，並為碳權交易或綠色金融提供「可追溯（Traceability）」且具公信力的驗證基礎。

The image shows the text 'iPaaS' in a light purple, sans-serif font. A large, light green checkmark is superimposed over the 'A' and 'S' characters, indicating a positive or verified status.

本章節參考文獻

1. 行政院國家發展委員會 (2022)《臺灣 2050 淨零排放路徑與策略總說明》。
2. 行政院國家發展委員會 (2023)《氫能關鍵戰略行動計畫 (核定本)》。
3. 行政院國家發展委員會(2023)《電力系統與儲能關鍵戰略行動計畫(核定本)》。
4. 台灣電力公司《需量反應負載管理措施》
5. 內政部建築研究所 (2022)《111 年智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫協同研究計畫》。
6. 經濟部能源署《能源管理法》及《能源管理法施行細則》。
7. 經濟部能源署《建築能源管理 (BEMS) 節能手冊》。
8. 經濟部能源署《服務業節能技術手冊》及相關節約能源推廣資料。
9. 經濟部能源署《節能績效保證專案示範推廣補助要點宣導手冊》。
10. International Standards & Protocols 10. Efficiency Valuation Organization (EVO). (2016). International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP): Core Concepts (EVO 10000-1:2016). Washington, DC: EVO.
11. Efficiency Valuation Organization (EVO). IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol. Retrieved from <https://evo-world.org>
12. International Organization for Standardization. (2018). ISO 50001:2018 Energy management systems—Requirements with guidance for use. Geneva: ISO.IEA & International Reports (2025 Forward-looking)
13. International Energy Agency (IEA). (2025). Breakthrough Agenda Report 2025. Paris: IEA.
14. International Energy Agency (IEA). (2025). Global EV Outlook 2025: Expanding sales in diverse markets. Paris: IEA.
15. International Energy Agency (IEA). (2025). Global Hydrogen Review 2025. Paris: IEA.
16. International Energy Agency (IEA). (2025). The State of Energy Innovation 2025. Paris: IEA.

17. IEA PVPS Task 18. (2025). Li-Ion Battery Systems in Off-Grid Applications (Rep. No. T18-04-2025). IEA PVPS.
18. LDES Council, EPRI, EEI, & DOE. (2025). Long-Duration Energy Storage Use Cases – A Primer on Defining Applications to Aid in Technology Selection.
19. UNIDO. (2025). Low-Emissions Hydrogen Industry Development in Emerging Market and Developing Economies. Vienna: UNIDO.US DOE & National Labs
20. National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2021). Autonomous Energy Grids (AEG) (Technical Report). U.S. Department of Energy.
21. U.S. Department of Energy (DOE). (2025). Pathways to Commercial Liftoff: Long Duration Energy Storage Opportunities. Washington, DC: DOE.Academic Journals & Market Reports
22. Amruthalakshmi, P., Aritra, G., (2025). Phase Change Materials for Energy Efficiency in Buildings. ResearchGate.
23. Lydia, F., Magali, F., Laurent, I., (2025). Thermal Characterization of Paraffin-Based Phase Change Materials for Thermal Energy Storage and Improved Thermal Comfort. MDPI.
24. Cornell University Environmental Systems Lab. EnergyAtlas.io - Digital Twin Tool for Urban Energy Insight. Retrieved from <https://energyatlas.io>
25. Precedence Research. (2025). Nanomaterials for Energy Market Size, Report by 2034.
26. Schleifer, A. H., et al. (2025). Exploring the Future Energy Value of Long-Duration Energy Storage. *Energies*, 18(7), 1751.
27. University of Birmingham. Metal-organic framework materials for adsorption heat pumps.
28. Omoike, B.A., Abubakar, M.A., Imoisi, C., Iduma, S.J., Application of Nanotechnology in Building Construction Using Carbon Nanotubes. *Scientific Journal of Scientific Research (SJSR)*.

第三章 再生能源與綠電導入



重點概要說明

近十年來，全球暖化與極端氣候的風險持續加劇，使「減碳」逐漸從環境問題轉變為經濟生存與國際競爭力議題。2015年《巴黎協定》確立「將升溫控制在1.5°C」的全球共識後，歐盟、美國、日本、韓國等主要國家陸續宣示於2050達成淨零排放，並以政策、稅制、市場機制推動能源轉型，形成「碳治理 × 經濟競爭 × 貿易門檻」的新國際秩序。歐盟於2023年啟動的「碳邊境調整機制（CBAM）」象徵全球碳定價時代全面展開，要求進口產品必須揭露碳排放並支付碳成本，使得企業供應鏈須具備低碳生產能力，綠電供應成為跨國投資地選擇的重要條件。另一方面，國際永續揭露制度（如ESG、TCFD、ISSB等）要求企業說明能源使用結構與綠電採購計畫，使企業不得不加速導入再生能源。全球前500大企業已有超過三分之一加入RE100，目標全面使用再生能源。綜觀全球趨勢，再生能源與綠電採購已不只是環境政策，而是市場進入門檻、金融投資評量及地緣產業布局的戰略資產，各國政府正以史無前例的速度建設潔淨能源，以確保供應鏈安全與國家競爭力。

臺灣作為全球電子、半導體、資通訊與精密製造中心，能源使用高度依賴進口化石燃料，排放結構中超過九成與能源使用相關。因此，綠電供應不僅關乎環保，更直接影響出口競爭力。2021年，臺灣正式宣示2050淨零排放目標；2022年公布《2050淨零路徑圖》及跨部會行動計畫；2023年通過《氣候變遷因應法》，將淨零上升至國家法制層級，宣示全面、長期、跨領域的能源與產業轉型策略。在全球供應鏈壓力下，Apple、Google、Microsoft、Meta、Tesla等企業要求供應商使用再生能源，促使台積電、日月光、聯電、廣達等大型企業積極採購綠電。然而，台灣綠電供給受限於土地取得、電網容量、環社檢核、地方接受度等因素，使企業出現「急需綠電、卻買不到」的結構性困境。此供需落差顯示台灣已進入綠電需求大於供給的新階段，迫切需要提升能源建設、加速開發與建立更成熟的

綠電市場制度。此外，能源轉型也攸關國土安全與社會韌性，漁電共生、微電網、儲能與再生能源自治將成為關鍵韌性基礎建設；對外則具外交策略意義，有助於吸引外資、保障供應鏈地位並提高產業競爭力。

再生能源具有取自自然循環、低碳排與永續性三大特徵，是能源轉型的核心。台灣主要再生能源包括：太陽光電、風力、生質能、地熱、水力與海洋能，各具不同屬性與風險。太陽光電技術成熟、安裝彈性高，但具日照間歇性；風力可補足夜間缺口，但離岸開發涉及海域治理與漁業受益分配；生質能具廢棄物處理與能源雙重效益，但需穩定料源；地熱為基載電力，但開發涉及原住民族諮商與保護區規範；小水力以既有水利設施為主，可減少生態衝擊；海洋能可預測性高，仍在技術驗證階段。

由於不同再生能源具有不同發電時段與間歇性，企業採購綠電時必須考量「逐時用電 × 逐時供電」。台電每 15 分鐘為計費結算單位，因此企業是否真正「使用綠電」不能只看年度採購量，而需確認每個時段是否由綠電供應。此外，綠電憑證（如 T-REC）僅代表使用權，並不等於實際電力，若與實際用電未匹配，可能無法通過國際碳揭露與客戶審查。因此，綠電採購不再是單純購電行為，而是需要將能源策略、供需管理、碳揭露與用電行為等，透過企業能源管理系統思維進行整體性規劃的課題。



重點掃瞄

3.1 再生能源種類及優缺點比較

1. 國際再生能源認定原則

再生能源普遍被視為「來自自然界持續補充、具有永續循環特性，且不會因使用而耗盡」的能源類型。國際能源總署（IEA）、國際再生能源署（IRENA）、聯合國氣候變遷綱要公約（UNFCCC）等國際組織針對再生能源的分類雖有細部差異，但核心定義高度一致，均強調其能源來源必須能在自然循環中持續再生，例如太陽光、風、海洋潮汐、水循環、地熱等。

聯合國或國際間認定再生能源之原則，主要考量這些能源不依賴化石燃料的地質形成過程，亦不會因短期大量使用而造成永久性枯竭，也能在生命週期中展現較化石燃料更低的碳排放與污染負擔。在實務應用上，再生能源主要包括太陽光電與太陽熱能、風力發電、小水力發電、生質能（含固態、液態與氣態生質燃料）、地熱能以及海洋能等。值得注意的是，國際組織強調再生能源與「零排放」並非全然等號，例如生質能在燃燒過程仍會排放二氧化碳，但由於其原料來自可再生的植物循環，因此仍被納入再生能源範疇。

2. 台灣再生能源定義

依據《再生能源發展條例》第 3 條，我國將再生能源定義為「指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源」。此定義強調能源本身必須來自自然界的長期循環，而非經過地質年代累積形成、耗損後無法短期再生的化石燃料。條例就再生能源類型明確包括太陽光電、風力能、生質能、地熱能、海洋能、水力能等類型。

我國再生能源定義不僅是概念性的描述，更與其它再生能源推動制度密切相關，包括再生能源憑證（T-REC）、躉購制度（Feed-in Tariff, FiT）、綠電採購（CPPA）、

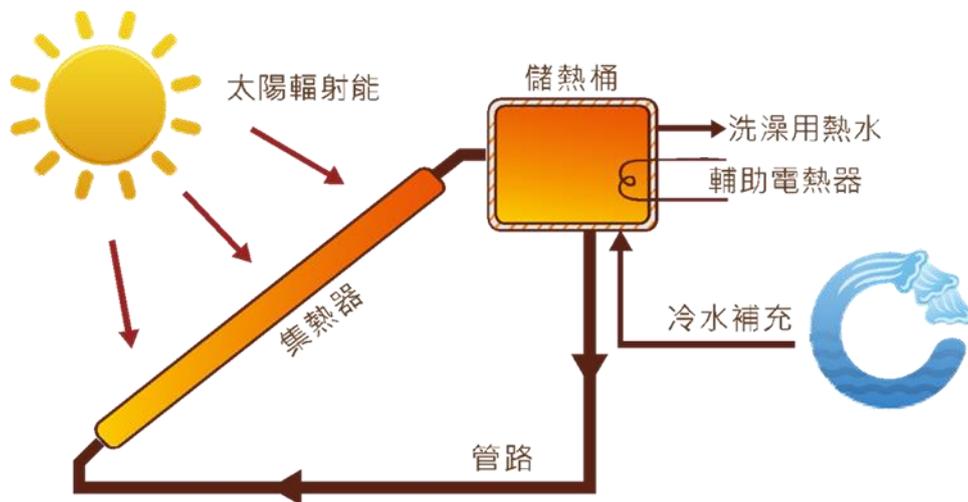
再生能源設備補助等。為確保這些制度能被公平使用，經濟部能源署透過《再生能源發展條例》子法訂定「再生能源發電設備認定辦法」，對各類能源技術的發電設備進行明確分類與審查。其中該辦法明確規範申請人、設備類型、設備必備條件、認定流程與後續查驗方式，使再生能源不再只是概念，而是透過設備登錄與認證程序，成為可量化、可查核的能源類型。其辦法核心精神在於確保各類再生能源設備均具「真實發電能力」「來源可追溯」「數據可查驗」等特性，避免市場出現混淆來源、虛報發電量或無資格設備混入的情況。

本辦法規定所有申請認定的設備皆須完成裝置容量確認、專業技術文件審查、併網（或具備獨立運作能力）之檢視程序，並由經濟部能源署或其委託單位進行查核。透過標準化程序，使再生能源的法定地位得以清楚界定，也確保我國綠電生產及市場運作具備信任基礎，讓企業或投資人能明確了解所購買或參與的再生能源來源是真實、合法且具備永續性。

3. 台灣常見再生能源類型說明

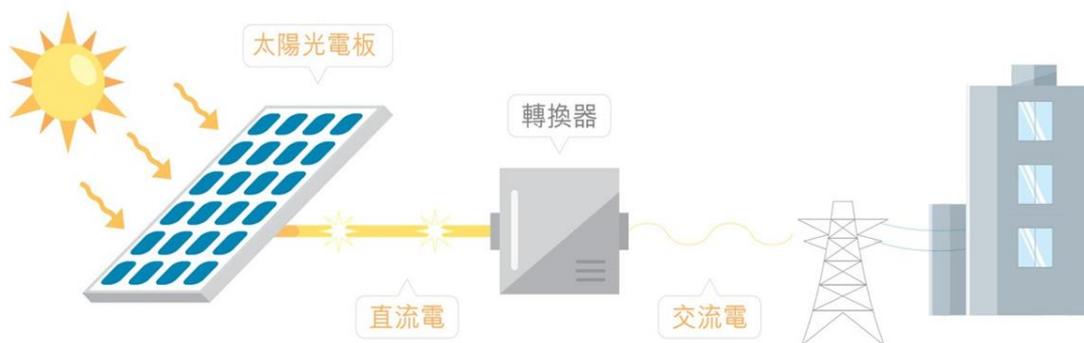
(1) 太陽光電與太陽熱能

太陽能應用方式可分為太陽熱能（Solar Thermal）（如圖 1 所示）與太陽光電（Photovoltaics, PV）（如圖 2 所示），兩者同樣利用太陽能量，但轉換原理、用途與設備形式皆不同。如太陽熱能利用可透過太陽能熱水器，以集熱器吸收太陽輻射熱來將水加熱，再由儲熱桶保存；若遇天氣不佳，則搭配輔助電熱器補足熱水溫度。太陽光電則以太陽能板收集光能，轉換成直流電，再透過逆變器（變流器）轉成交流電使用。太陽光電可直接生產電力滿足用電需求，太陽熱水器則生產熱能滿足加熱水之需求，前者對應電力系統、後者屬於熱能利用。



圖片來源：經濟部能源署

圖 1、太陽熱能利用概念（以太陽熱水器為例）



圖片來源：經濟部能源署

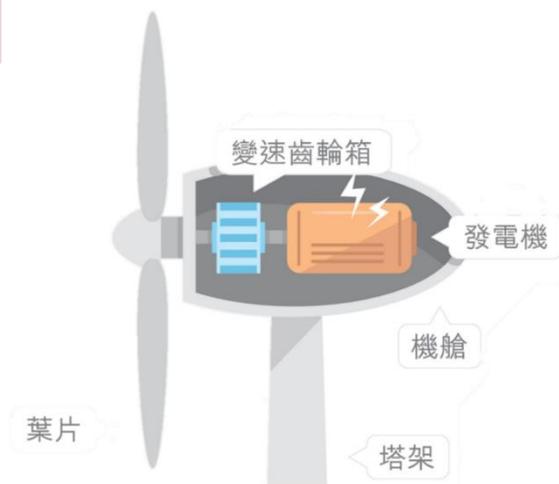
圖 2、太陽光電利用概念（以太陽光電系統為例）

就我國目前發展最積極的太陽光電系統為例，其發電過程無需燃料，也不產生空氣汙染物或噪音，在運轉階段幾乎沒有碳排放。另外，太陽光電屬於高度模組化技術，只需組裝太陽能板、逆變器與基本架構即可形成可運轉的系統，建置時間相對短，便於快速擴大規模。它可以從幾百瓦的小型家用系統，到數百 MW 的大型地面型電廠，都能依據空間與需求彈性配置。其次，太陽光電的運轉過程可靠度高且維護需求低。由於光電系統沒有機械旋轉部件，故障風險較小，只需定期清潔、檢修電氣設備即可確保穩定運作。現行技術已能使太陽能板維持 20 年以上的壽命，而逆變器等關鍵元件也因產業成熟度提升而具備更高穩定性。

(2) 風力能

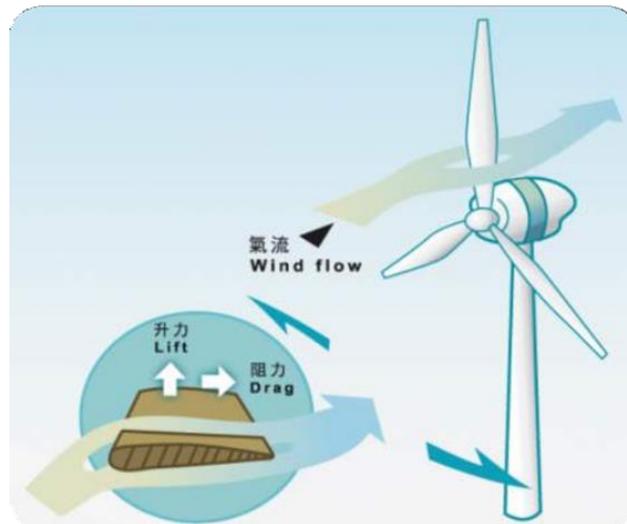
人類對風的利用始終與生活、交通、農業、生產以及能源系統的發展緊密相連。風本質上是一種由氣壓差異所造成的自然流動現象，但在不同文明與時期中，人們透過智慧與技術，把風的力量轉化為可使用的動能與社會功能。最早的用途之一是航海與跨地域交通。到了大航海時代，風向與季風的知識成為全球航海的重要基礎，使歐洲國家能跨越大洋，在世界建立商路、殖民據點與貿易體系，可見風與人類世界擴張密不可分。另外風也被用於推動風車，作為磨穀、抽水、灌溉等動力來源。現今風的使用早已超越過去航海、農業、抽水等用途，已逐步成為驅動各國電力轉型的關鍵自然資源。

風力機的主要組成（如圖 3 所示），包括吸收風能的葉片、連結葉片的轉子，再利用轉子帶動齒輪箱，將慢速的葉片轉子運動變成合適推動發電機的高轉速，最後與發電機連接，使其另外旋轉動能產生電力。在當風吹向風力機時，因風力機的葉片形狀類似飛機機翼，產生帶動風力機葉片轉子旋轉的升力，這個旋轉動作經由主軸傳遞到發電機，使發電機內的磁場與線圈相對運動，產生電流。（如圖 4 所示）



圖片來源：經濟部能源署

圖 3、風力機的基本組成



圖片來源：經濟部能源署

圖 4、風力發電的原理

風力發電本身不需燃料，因此運轉過程幾乎沒有碳排放，也不產生空氣汙染物。在自然條件合適的地區，風的動能可長期穩定取得，使風力發電能持續提供一定程度的發電量，尤其離岸風場風速更穩定，可作為電力系統中較可靠的再生能源來源。風力發電另一項特色，是具備極高的擴建彈性與規模經濟。風機可從小型（數百 kW）到超大型（數十 MW）單機不同配置，既能做為偏鄉、離島或工業區的分散式電源，也能形成大型陸域與離岸風場，成為區域電網的重要供電來源。隨著全球製造鏈成熟，風機成本逐年下降，使風電在許多國家已成為與傳統電力相當具競爭力的選項，而世界多數國家都把風力發電視為達成 2030/2050 淨零目標不可或缺的能源主力。

(3) 生質能

生質能是指透過動植物來源的有機物質所轉換而成的能量，這些有機物大多來自光合作用所累積的化學能，因此具備自然循環、可再生、資源多元且可長期利用的特性。廣義來說，所有源於生物體或其代謝產物、廢棄物與殘渣所能轉換成熱能、電能或燃料者，都可稱為生質能。這些來源包括農業廢棄物（如稻稈、果樹修剪枝條等）、林業副產物（如枝葉、木屑、間伐木等）、畜牧糞尿、都市廚餘、工業有機廢水、藻類。由於這些物質在自然界本來就會經由分解或燃燒釋放

二氧化碳，因此生質能通常被視為「碳中和能源」。在適當管理下，其生命週期的碳排放可接近中性，是全球推動淨零排放過程中極具戰略地位的能源選項。

生質能的運作原理主要來自於生物質在光合作用中累積的化學能。植物吸收太陽光、水與二氧化碳，透過光合作用製造葡萄糖與纖維素等有機物，這些能量儲存在植物體中。人類透過各種轉換技術，把這些有機物質轉化為電力、熱能、燃料或可替代化石燃料的物質。

依轉換方式可分為四大類：直接燃燒、物理轉換、熱轉換、生物/化學轉換。其中，直接燃燒是最古老、最簡易且技術最成熟的生質能利用方式。生物質在氧氣充足的環境下燃燒，直接產生熱能，可用於溫水、蒸汽或驅動鍋爐發電。例如木屑、稻稈、甘蔗渣或林業間伐材等固態生物質，可經乾燥後投入鍋爐進行燃燒，產生高溫蒸汽驅動渦輪機發電；物理轉換，強調透過物理處理改善生物質的燃燒特性與能量密度。最常見的物理轉換方式包括「破碎」、「壓製」與「乾燥」。透過高壓將木屑、稻殼或竹屑壓縮成密度高、易儲存、便於運輸的顆粒燃料，能使燃燒更穩定、效率更高。物理轉換並不改變生物質的化學結構，而是改善其物理性質，使其能更有效作為燃料；熱轉換，係利用高溫環境，使生物質在不同氧氣條件下分解成可用燃料或化學品。熱轉換包含三種主要方式：氣化、熱裂解與部分氧化。氣化是在低氧環境中以高溫使生物質分解成「合成氣」(如 Carbon monoxide、Hydrogen、Methane 等)，可用於發電、工業燃燒或轉化成液態燃料。熱裂解則是在完全無氧下加熱，使生物質分解成生質油、生質炭與裂解氣，當中生質炭具固碳功能，使熱裂解成為具有氣候效益的技術之一。部分氧化則介於燃燒與氣化之間，用於製造工業燃料或替代性氣體燃料。熱轉換技術能使生物質從固態材料轉變為液態與氣態能源，提高其應用彈性，並為產業提供替代傳統石化原料的可能性；生物/化學轉換是利用微生物或化學反應，將生物質內的碳水化合物、脂質或蛋白質轉化為可利用的燃料與化學品。生物轉換中最典型的是「厭氧消化」，微生物在無氧環境分解有機物，產生沼氣（甲烷 + 二氧化碳），沼氣可用於發電、供熱。此技術廣泛應用於畜牧場、食品工廠、污水處理與垃圾處理系統，是循環經濟代表性技術。另一類是發酵技術，例如利用酵母將澱粉或纖維素轉化為生質

乙醇。化學轉換方面，如「酯交換反應」能把廢食用油或植物油製成生質柴油，是全球替代化石柴油的解方。



圖片來源：經濟部能源署

圖 5、生質能的轉換方式

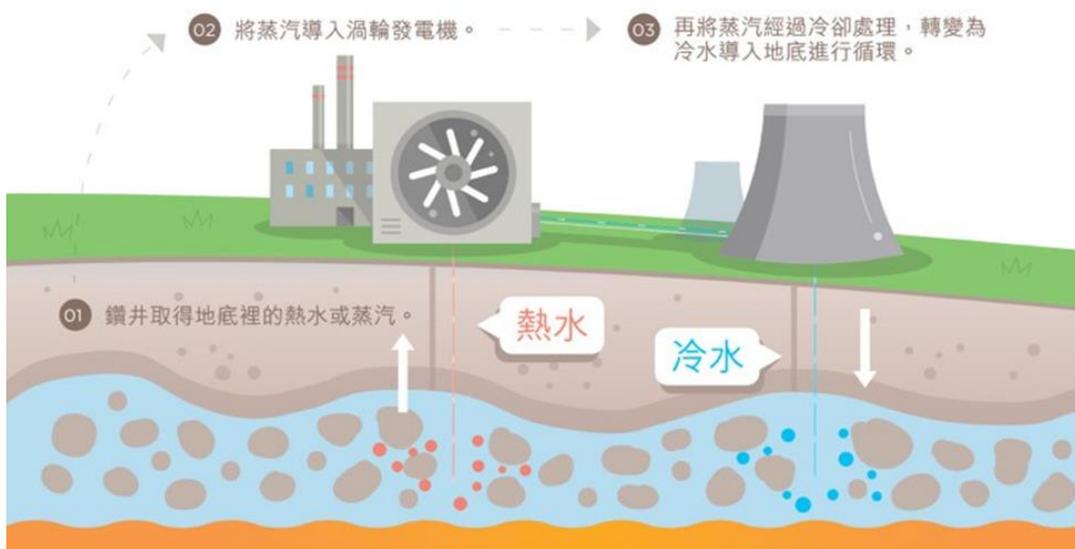
生質能的重要性也體現在其具備「廢棄物處理 × 能源生產」的雙重效果。台灣每年產生大量農業副產物、畜牧廢水、食品廢棄物與工業有機廢水，若未妥善

處理易形成環境負擔，例如臭味逸散、水體污染或溫室氣體排放。透過生質能技術，可把這些廢棄物轉化為沼氣、固體燃料或液體燃料，形成循環經濟模式，同時減少環境衝擊、創造收入並促進農漁村或地方產業的永續發展。

(4) 地熱能

地熱能是一種來自地球深處、持續而穩定釋放的自然能量，並透過鑽井、熱水取出、蒸汽抽取或熱交換等方式，把這些地球內部的熱能轉換成電力或熱能。這項能源與太陽能、風能不同，它不受氣候、季節、晝夜影響，具備高穩定性、長期可利用、全天候供能等特色，因此被視為再生能源中最具穩定性的基載電力來源之一。世界各國在推動淨零目標時，地熱能常被視為補上「間歇型再生能源」缺口的重要策略，使電力系統更具有韌性。

地熱能主要運作原理，以鑽井方式擷取地下高溫岩層與含水層形成「熱儲層」的熱資源，並把這份熱能取出用於發電或供熱。以發電為例，利用地熱井抽取熱儲層的過熱蒸汽，作為推動渦輪機旋轉的動能，從而推動發電機運作產生電力。若當地地熱溫度較低或蒸汽產量不足時，則將地表水或工作流體（具備有低溫沸騰的流體，如液氨或冷媒等）與地熱源進行熱交換，獲得汽化的高壓蒸汽，作為推動渦輪機的動力來源，使其帶動發電機產生電力。



圖片來源：經濟部能源署

圖 6、地熱發電的原理

地熱屬於少數可以提供穩定基載電力的再生能源，不像太陽光電會因日夜變化、風力發電會受風況影響，地熱電廠只要熱儲層穩定、設備運轉正常，就能全年 24 小時連續發電。地熱能的另一個特色是高度在地化與多元利用，同一套地熱資源，除了發電以外，尚可串聯溫泉觀光、農業溫室、水產養殖、區域供熱與建築節能等用途，形成「一口井，多種用」的在地能源系統。

(5) 水力能

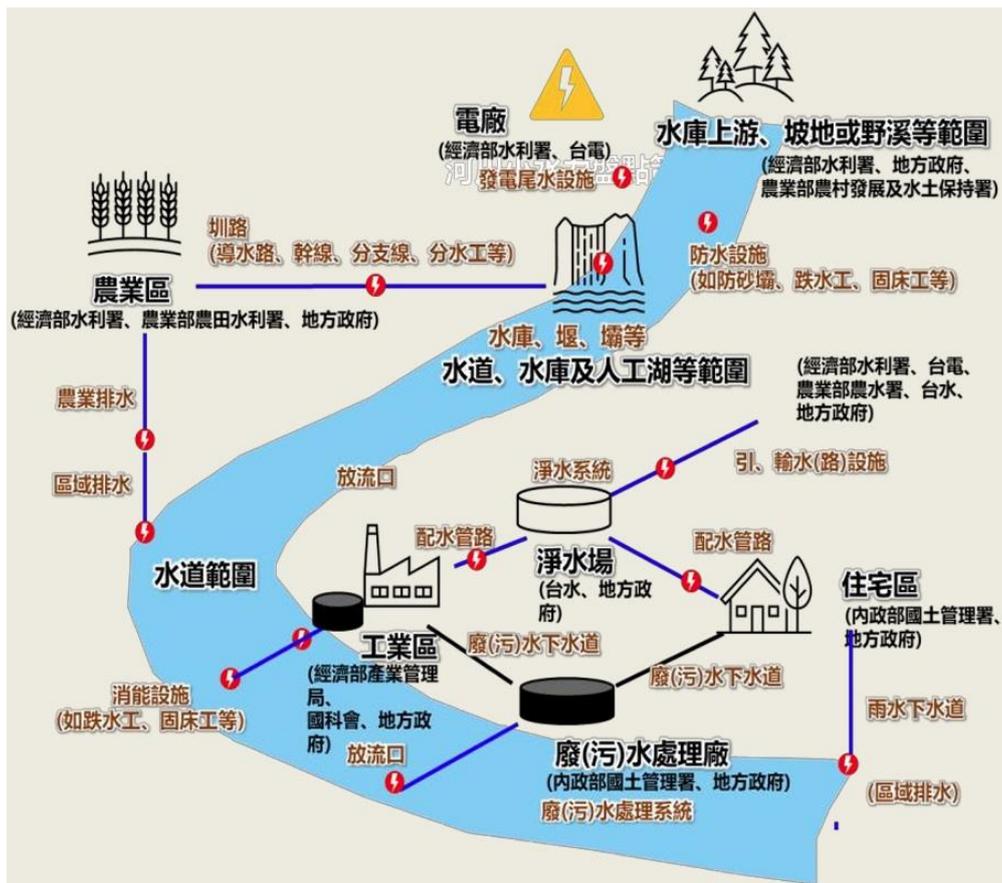
水力能係利用地球水循環現象，當太陽照射海洋與陸地時，水分蒸發、上升、凝結成雲層，再以降雨形式回到地表。雨水匯入河川、湖泊或水庫後，會因重力而向下流動，這個流動過程即蘊含大量位能。水力發電的核心原理，即利用水在高度落差中所產生的位能與動能，推動水輪機旋轉，再帶動發電機產生電力。

在典型的水力發電系統中，水首先被儲存在高處的水庫或天然湖泊，水位高度代表可用的「水能位差」。當電廠需要發電時，水透過取水口進入壓力鋼管，因高度落差形成高壓高速水流。水流衝擊水輪機的葉片，使其產生旋轉力矩。這個旋轉動作經由主軸帶動發電機，使發電機內的磁場與線圈相對運動，根據電磁感應原理產生電流。發電後的水再排回下游河道，持續自然循環，形成完整的水力利用流程。

水力電廠多依據地形條件分為高落差、中落差與低落差型，各自搭配不同的水輪機，包括佩爾頓式 (Pelton)、法蘭西斯式 (Francis)、卡普蘭式 (Kaplan) 等，使其能在不同水況與地形下維持穩定運作。

此外，水力發電開發範圍與樣態包括自然河川、水庫湖泊、自來水系統、汙水系統等 (如圖 17 所示)，若依開發樣態可區分為四種類型，第一類是川流式水力發電，直接利用河川自然流量發電，不需大型水庫，環境影響較小，但發電量受季節與水量變動影響較大。第二類是水庫式水力發電，利用水庫儲水調節，使發電可穩定供應，並兼具防洪、灌溉與供水用途，是傳統水力電廠的主流模式。第三類管渠式水力發電，利用現有人工水利設施中的水位落差與壓力差進行發電的方式，例如既有的農業灌溉渠道、自來水系統、工業用水管道或污水處理廠放流水渠道等水位差或壓力差。管渠式水力發電其特點是設置彈性高、環境影響極

小，並善用既有水利與供水基礎設施，讓水資源達到「一水多用」的效果。第四類是抽蓄式水力發電，利用電力系統的離峰時段抽水到上池，尖峰時段再由上池放水發電，是大型儲能系統的重要形式，有助於平衡電網、支援再生能源併網與提高電力供應穩定度。



資料來源：經濟部水利署[10.8]

圖 7、水力發電開發範圍與樣態

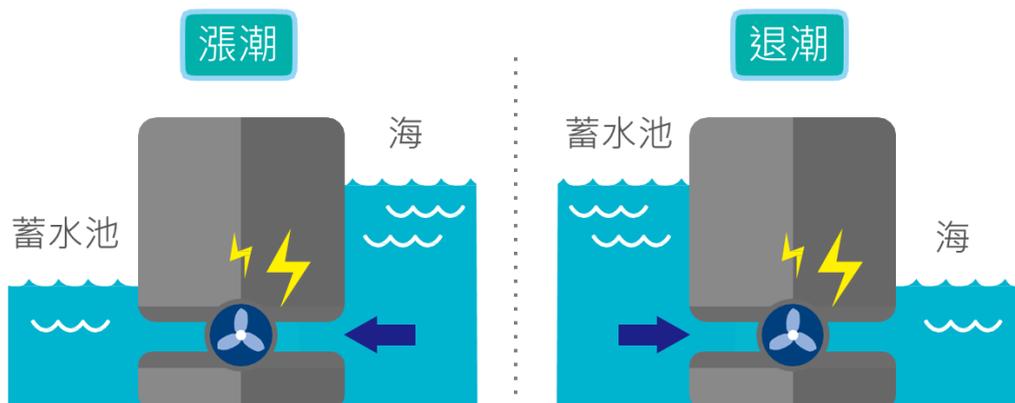
水力發電之所以在全球能源系統中重要，除了效率高、可靠度高之外，也因它能提供「可調度性」。不同於風力與太陽光電受自然條件控制，水力電廠可依需求啟停或調整出力，是支撐電網穩定的關鍵基礎設施。尤其是抽蓄式電廠，更能在太陽光電過剩或風力發電波動時進行能量儲存與釋放，使電力系統更具韌性。

(6) 海洋能

海洋能是指利用海洋中自然存在的物理能量、化學能量或熱能，透過工程技

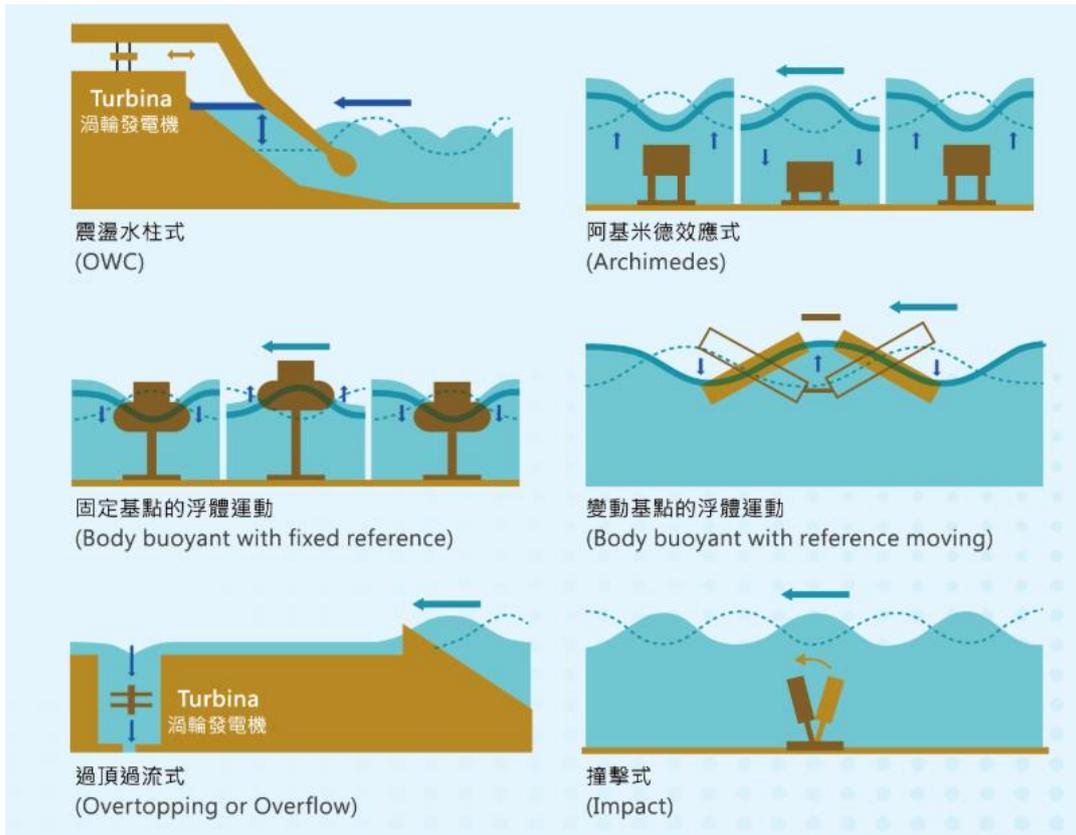
術加以轉換成電能或其他可用能源的總稱。由於地球表面超過七成由海洋覆蓋，太陽輻射、地球自轉、月球與太陽的引潮力、海水密度差異等因素，利用其潮汐的週期性升降、海水隨風形成的波浪、洋流與潮流的流動、海洋表層與深層之間的溫度差、以及海水鹽度差異所帶來的電化學位差，透過能量擷取裝置轉換成可持續生產的再生能源電力。

常見的海洋能發電，包括潮汐發電（如圖 8 所示）、波浪發電（如圖 9 所示）、潮流發電（如圖 10 所示）、溫差發電（如圖 11 所示）及鹽差發電（如圖 12 所示）等，其中潮汐發電的利用原理，是透過潮水在漲潮與退潮之間形成的水位落差與流動能量，驅動水輪機進行發電；波浪發電是透過海水上下起伏的波動，帶動浮體、擺動翼板或壓力室結構，使機械能或壓力能轉換為電力；潮流發電利用海水的水平流動，使水下渦輪機持續受到水流衝擊而旋轉；溫差發電利用海洋表層溫暖海水（約 20–30°C）與深層冷海水（約 4–6°C）之間的溫度差，透過低沸點工作流體（如氨或冷媒等）在熱交換器中蒸發汽化，產生具有壓力能的蒸氣，進而驅動渦輪機及發電機而產生電力；鹽差發電利用河水與海水混合時產生的滲透壓差，透過反滲透膜（PRO）或電化學電池（RED）轉換為電能。



圖片來源：經濟部能源署

圖 8、潮汐發電原理示意圖



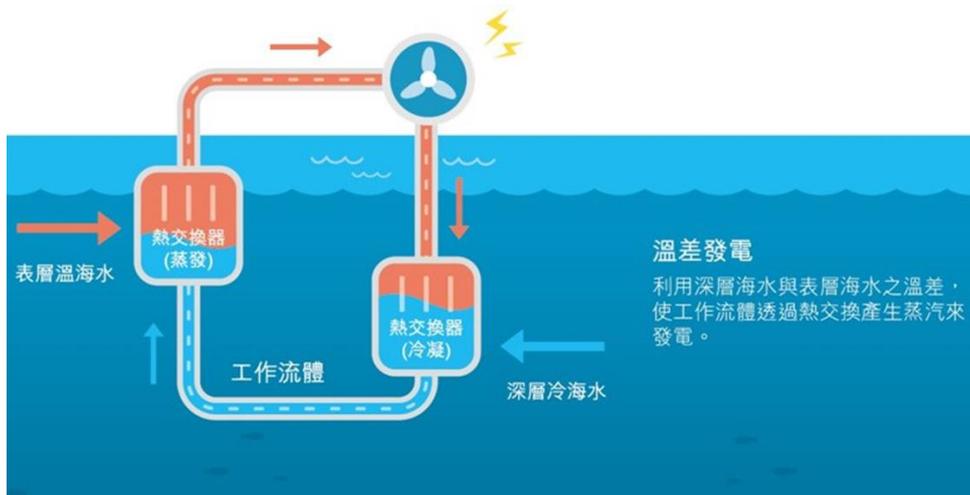
圖片來源：經濟部能源署

圖 9、波浪發電原理示意圖



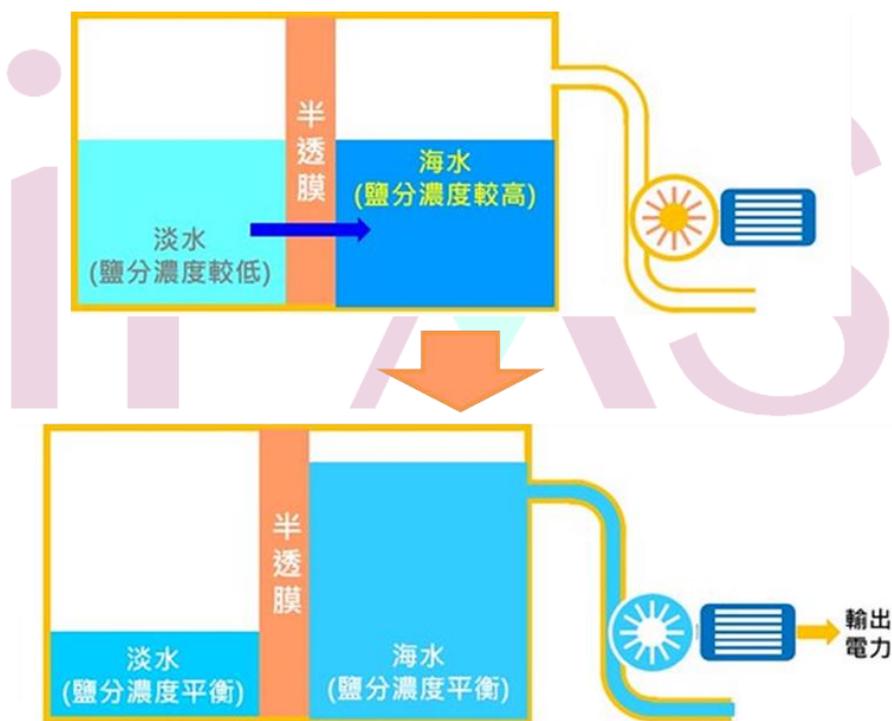
圖片來源：經濟部能源署

圖 10、潮流發電原理示意圖



圖片來源：經濟部能源署

圖 11、溫差發電原理示意圖



圖片來源：海洋能發展協會

圖 12、鹽差發電原理示意圖

海洋能目前在全球再生能源版圖中的角色，介於「技術驗證」與「早期商轉」之間，部分海洋能發電技術雖已投入商業開發（如潮汐發電或波浪發電等已有商業開發之案例），但產業及技術仍處於萌芽階段，現階段仍被全球各國視為再生能源中長期推動藍圖之潛力選項。

4. 各類再生能源優劣比較

在面對淨零排放與能源自主的雙重挑戰時，台灣已逐漸從依賴單一大型電力來源，走向以多元再生能源支撐的分散式體系。不同類型的再生能源，各自擁有獨特的優勢與限制，以下針對各類再生能源進行優劣說明：

- **太陽光電：**太陽能是目前台灣推動再生能源的核心技術之一，主要以屋頂型與地面型太陽光電為主。它的最大優勢在於模組化容易、成本逐漸降低、安裝彈性高，能以分散式方式建置，形成社區層級的能源自主模式。由於太陽能系統發電相對穩定、維運需求較低。太陽光電在開發過程中仍存在土地競合、景觀衝擊與生態風險等爭議。如地面型案場若未妥善規劃，容易與農地利用、魚塢養殖、水產保育或濕地生態造成衝突。近年台灣採取「屋頂優先」、「地面審慎」、「生態檢核」等制度，就是為避免開發過程變成粗放型擴張，也強調在地協商、社會溝通與經濟共享的重要性。另外，太陽能的間歇性與用電尖峰疊合問題，仍需儲能、智慧電網與需量反應搭配才能達成穩定供電。
- **風力能：**台灣擁有豐富的海上風能資源，尤其西部海域具備世界級風場，使海上風力發電成為國家能源轉型的重要推手。在能源供應面，風力發電具有高單一裝置容量、發電效率高、不佔用陸地面積的優勢，對台灣密集土地資源而言具有特殊價值。此外，風力發電比太陽光電更能補足夜間電力缺口，與太陽光電形成時間互補，有助平衡夏季與冬季的供電需求，是規劃電網韌性不可或缺的能源來源。但風力發電的開發也伴隨高度社會爭議，近年風場與漁業活動的衝突，引發「海洋空間治理」的議題。風場開發不僅涉及航道、漁場利用與漁民生計，也牽涉海洋生態監測成本、保育責任與漁獲減少補償等制度安排。其次，離岸風電具有高成本、高技術門檻、施工期長、資本集中的特性，故風力發電開發專案仰賴大型財團參與，但不利於一般民眾投資或在地居民參與，可能形成「大型企業壟斷綠能收益」的現象，與公正轉型理念產生落差。另外，風力發電具高度間歇性，需要配合儲能、備用機組與跨區調度。若未搭配智慧電網與能源管理制度，就可能造成電網壓力。

- **生質能**：生質能的特色在於它是唯一能同時產生固體、液體與氣體燃料的再生能源，其來源包含農業廢棄物、林木資源、畜牧糞尿、廚餘、污泥與廢油等物質，能在能源轉型中扮演「廢棄物循環利用」與「綠色燃料替代」的雙重角色。生質能的優勢在於它不是間歇性能源，而是可儲存、可調度的穩定性電力，能與再生能源互補，同時減少廢棄物處理成本。然而，生質能的發展並非只要有廢棄物就能推動，其關鍵在於資源密度、收集成本與轉換效率。生質能的運作需要穩定且大量的原料供應，才能支撐設備投資與營運，因此需要區域型集中場域與長期物流系統，否則收集、運輸與儲存成本會高於發電收益。
- **地熱能**：地熱能是一種極具潛力但開發門檻高的能源，其特點是供電穩定、無需燃料、極低間歇性，具有可長期運作與低維護特性，若能成功開發，可作為基載電力，對提升電網穩定具有戰略性意義。台灣位於板塊交界，地熱資源豐富，尤其台灣東部地區具高潛力，未來有機會形成區域型自主電力模式。但地熱能最大的挑戰在於探勘風險與開發成本。地熱資源埋深、溫度條件與水文特性需透過地質調查與試鑽驗證，而鑽井成本極高，投資初期就可能面臨失敗風險；因此民間企業投資意願低，必須透過政府政策分擔風險或提供探勘補助。再者，目前具開發潛力之地點多屬於原住民地區、國家公園或自然保護區等，如何確保開發地點不影響當地環境及人文活動，亦是地熱開發過程需特別關注的課題。
- **水力能**：水力能在台灣的能源發展具有歷史性角色，過去大型水力曾是基載電力來源。水力能的最大優勢是穩定、可調度、具有瞬間啟動能力，能支援尖峰負載與緊急供電，是提高電網韌性的重要工具。此外，如灌溉渠道、水庫溢洪道、污水處理廠，甚至自來水管壓差，都能成為水力發電潛力案源。然而，水力發電開發也伴隨生態風險，如大型水壩可能造成攔沙、阻斷生態遷徙、改變河川水文與下游生態，現已不符合目前我國河川治理與生態友善理念。為避免大型水力發電開發對環境的影響，目前我國朝小型水力發電進行推動，因不需截水、不改變河道，對環境衝擊較低，較符合河川保育與低碳目標。

- **海洋能**：海洋能被視為未來長期具潛力的再生能源，包括波浪能、潮汐能、海流能與海洋溫差（OTEC）。台灣四面環海、具複雜海流與強勁潮汐，理論潛能可觀。因此海洋能具有獨特優勢，其能量密度高、穩定性較佳，尤其潮汐與海流具有高度規律性，可作為穩定型再生能源，與間歇性的太陽與風力形成互補。然海洋能技術成熟度不如風電或太陽能，而海洋環境使海洋能發電設備存在有高鹽害、高維護成本與極端海象等開發風險，其設備需承受強浪、鹽分與生物附著，因此耐久設計與維修成本是關鍵挑戰。現階段海洋能仍屬研發階段，其投資回收期長、商業模式皆尚未確立，需政府長期補助與技術示範計畫，否則難以進入市場。

在台灣的能源轉型中，各類再生能源並非彼此競逐，而是在不同條件與限制下扮演互補角色。太陽能具備部署彈性、成本下降與社區可參與等優勢，能快速擴大綠能比例，卻因土地利用衝突與間歇性問題，必須透過電網彈性技術(如快速反應的天然氣發電、抽蓄式水力發電及儲能系統)與生態友善開發來落實；風力發電具單一機組裝置容量高、開發成本低之優點，但也伴隨供電變動性高、漁業及海洋空間競合等問題；生質能可有助去化農林及都市廢棄物，且電力生產可配合用電需求進行調度調節，但須確保生質能發電之料源穩定，料源及運轉過程，也應確保其不產生環境風險之慮；地熱能具備穩定基載供電與多重熱利用價值，但探勘風險高、涉及地質與原民土地議題，必須透過協助降低前期探勘風險，並充分引導開發業者完善在地溝通；大型水庫式水力發電屬於基載電力來源之一，惟水庫式水力發電開發，易造成環境影響及破壞，再者台灣可作為水庫開發之場域已幾乎飽和。後續我國水力發電將朝中小型水力發電進行推動，並鼓勵運用既有水利設施共同設置水力發電機組，達到一設施多利用之價值；海洋能雖尚未商業成熟，但能形成海洋治理、漁業與能源共存的新模式，是潛力型而非速成型的戰略資產。

再生能源的優劣不取決於單一技術本身，而是與土地空間、生態環境、社會接受度密不可分。若忽略地方生計、資源分配與生態保護，即便是再生能源也可能成為新的破壞力量；只有透過共享收益、參與決策、跨域協作與生態友善開發，

才能讓多元能源形成互補系統，而非彼此競爭的替代選項。台灣的綠能未來不只是追求發電量，而是打造一個能反映地方需求、促進公正轉型、提升社會韌性的能源治理模式，使能源成為在地合作的契機，而不是新的衝突來源。



iPaaS



範例考題

1. 下列何者不是國際間認定再生能源的主要理由？
(A)來自自然界可循環利用的能量；(B)使用後會永久枯竭；(C)不依賴地質年代形成；(D) 能源使用之生命周期碳排放量較低
2. 《再生能源發展條例》將下列何項視為再生能源種類？
(A)天然氣；(B)石油；(C)太陽光電；(D)核能
3. 下列哪些發電類型在台灣較具「在地型自主供電 × 多用途複合使用」潛力？
(A)太陽光電、水力發電、地熱發電；(B)天然氣發電；(C)核能發電；(D)火力發電
4. 下列何者為太陽光電的主要優勢？
(A)不受日夜環境影響；(B)發電穩定，不具間歇性；(C)無需電網即可運轉；
(D)模組化技術成熟且安裝彈性高
5. 台灣推動太陽光電開發策略，強調「屋頂優先」的原因，下列何者正確？
(A)屋頂安裝成本高；(B)可避免與農漁用地產生衝突；(C)屋頂無需申請認證；
(D)只適合大型企業使用
6. 目前台灣的水力發電推動策略，強調以下列哪種類型為開發重點？
(A)與既有水利設施結合的小型水力發電；(B)水壩式水力發電；(C)採圍水築堰易影響生態的水力發電；(D)運用上下池進行抽蓄發電的抽蓄式水力發電
7. 下列何者為地熱能的優點？
(A)完全不受地質條件影響；(B)不需鑽井即可開發；(C)可做為基載電力，全天候穩定供應；(D)台灣地熱資源極少
8. 下列何者是生質能的特色？
(A)發電過程不排放二氧化碳；(B)具備廢棄物處理與能源生產雙重效益；(C)無需料源穩定供應；(D)完全不需儲存
9. 下列何者為台灣風力發電開發的重要社會爭議？
(A)高度空污管理問題；(B)影響地熱資源開發；(C)破壞水庫生態；(D)海洋空間與漁業競合

10. 海洋能現階段在全球發展的定位，下列何者正確？

- (A)高度成熟的主力發電；(B)商業化普及階段；(C)技術驗證與早期示範階段；
- (D)已停滯無法發展

ipAAS

考題解析

1. **Ans (B)**

國際組織（IEA、IRENA、UNFCCC）所認定再生能源，主要強調：來自大自然可循環再生；不依賴地質年代形成；設備發電生命周期之碳排放量低。

2. **Ans (C)**

再生能源發展條例第三條，已明確包括：太陽光電、風力能、生質能、地熱、海洋能、水力。核能、天然氣、煤炭皆不屬於再生能源。

3. **Ans (A)**

題項(A)所列之太陽光電、水力發電、地熱發電，其中太陽光電可與工廠屋頂或養殖活動等相結合、水力發電則可利用既有水利設施共同開發、地熱發電則可於溫泉或旅遊觀光等結合。

4. **Ans (D)**

太陽光電屬「高度模組化技術」，建置快速、維運需求低，可從家用小型系統到大型電廠皆可彈性配置，因此安裝彈性與模組化成熟是其主要優勢。

5. **Ans (B)**

地面型光電開發可能造成農地競合、魚塭養殖、水產保育、濕地生態等衝突，因此政府採「屋頂優先、地面審慎」。

6. **Ans (A)**

水壩或橫向截水設施易造成環境與生態破壞，因此台灣將發展重點朝小型水力與管渠式發電，希望利用自來水、灌溉渠道、污水處理放流水等既有設施來設置水力發電。

7. **Ans (C)**

地熱不受氣候、晝夜、季節影響，可 24 小時供電，被視為再生能源中的穩定基載來源。

8. **Ans (B)**

生質能可將農業廢棄物、廚餘、污泥等轉化為能源，具循環經濟價值。

9. **Ans (D)**

台灣風場與漁場、航道重疊，造成漁民生計與海洋治理衝突。

10. **Ans (C)**

海洋能（潮汐、波浪、海流、溫差等）技術仍成熟度不足，多處於研發與示範階段。

The logo for iPaaS is displayed in a light purple color. The letters 'i', 'P', 'A', and 'S' are in a sans-serif font. A large, light green checkmark is superimposed over the 'A' and 'S' characters.

3.2 國內再生能源導入及效益評估

1. 台灣再生能源推動現況

自 2016 年行政院啟動能源轉型以來，台灣正式確立以「展綠、增氣、減煤、非核」為電力結構調整的方向，並同步推動創能、節能、儲能與智慧系統整合，作為提升能源安全與降低排放的核心策略。隨著國際間陸續提出更積極的淨零承諾，並於 2021 年正式宣示 2050 淨零排放目標，帶動國內能源治理邏輯從單純「擴大再生能源」逐步轉向「系統性減碳 × 社會轉型」的雙軸並行。

行政院於 2022 年公布淨零轉型路徑與十二項關鍵戰略，使再生能源政策從目標倡議進一步轉化為具有路徑、量化目標與跨部會協作架構的完整治理框架。在 2024 年，賴總統更啟動「二次能源轉型」，強化「多元綠能」與「深度節能」兩大主軸，讓國家能源策略從早期的「擴量建置」走向「品質精進、韌性提升與在地共榮」，更明確把再生能源視為支撐產業競爭力、能源自主、安全韌性與淨零轉型的基礎工程。

目前台灣再生能源政策脈絡呈現三大趨勢：其一，從早期的太陽光電與離岸風電雙主力，逐步拓展至地熱、小水力等多元綠能，形成分散式與集中式並行的架構；其二，推動模式由「政府補助推升」轉向「法規精進 × 行政協力 × 在地溝通」，透過制度工具降低行政門檻並提升民間參與意願；其三，重視社會環境共融，使再生能源佈建能同時兼顧生態、土地使用、地方發展與能源安全。整體而言，我國再生能源發展已從早期的技術導入與基礎建設進入成熟化階段，並邁向以系統韌性、治理協調與永續共榮為主軸的深化推動階段。

截至 2025 年 9 月，我國再生能源累積裝置容量已達 22.19 GW，其中太陽光電與離岸風電仍為發展主軸，光電累計已達 15.1 GW，風電則達 3.28 GW 併網量，另加上小水力 181.6 MW 與地熱 7.5 MW 皆呈現穩定成長，顯示我國已從早期的示範型推動邁向實質供電規模的綠能供應系統。

在太陽光電方面，屋頂型累積設置量達 9.63 GW、地面型累積設置量達 5.47 GW，光電成長的速度不僅反映民間投資意願，也與政府自 2017 年起跨部會推動

公共建築、工業區、農業設施等屋頂光電推動計畫有高度關聯。

在離岸風電方面，截至 2025 年已安裝 470 座風機，總裝置容量達 4.38 GW，讓台灣成為全球離岸風電前五大國家之一，顯示我國已成功建立從選址、環評、招商、融資至併網的一條龍制度化能量。

地熱與小水力量體雖不如風光，但依照我國地質、河川、農圳等特性，其貢獻具有「在地分散型 × 穩定供電 × 與地方共榮」等特色，是重要的區域型能源補充來源。

2. 台灣再生能源推動政策

在太陽光電領域，我國政策重點採「屋頂優先 × 地面複合使用」雙軸推動。其中屋頂光電在政策力道下快速成長，政府除透過公有建物、工廠、農業建物等推動外，更自 2025 年起編列每年 10 億元推動「家戶屋頂加速計畫」，由地方政府提供獎勵，提升民眾參與綠能自發自用之意願。同時與內政部合作，推動新建物強制裝置太陽光電，預計於 2025 年底公告，使光電成為新建物的標準配備。地面型光電則以複合使用為原則，包括漁電共生專區、工業用地、鹽灘地及污染場址等。

離岸風電則強調「公對公協力 × 融資強化 × 海域空間優化」。其政策內容包括建立跨部會場址審查機制、提升國家融資保證成數至八成、拓展可設置海域空間，以及確保風場開發與海洋活動並存。這些政策為業者降低風險並提高融資可行性，是我國能在短時間內達成全球前五大風電設置國之重要關鍵。

地熱方面則採「多團隊、多點探勘 × 國際合作 × 法規鬆綁」模式推動，包含原住民族地區諮商、國家公園區域規範檢討、擴大地熱鑽探，以及引進國際技術與團隊，以提升深層地熱開發能力。

小水力則以「公對公模式」與「民間自提模式」並行推動，搭配水利署、農水署與台水公司擴大盤點潛力場域，並要求案件同步進行生態評估與社會溝通，以確保在河川、農圳、管渠等場址中兼顧環境友善與地方支持度。

整體而言，各項再生能源類型皆已形成具有行政協力、法規工具、財務誘因與在地治理等多層次的政策體系，使台灣能源轉型能夠在穩健且可預期的制度基礎上持續擴展。我國綠能佈建已從量能成長逐漸邁向質的提升，而二次能源轉型也使再生能源政策從單純追求裝置量，轉為強調環境友善、技術成熟度、系統整合能力以及在地治理架構的穩定性。這些成果充分展現台灣在全球淨零趨勢下的政策韌性與推動決心，並為後續企業綠電需求、電力市場改革以及能源自主奠定基礎。

3. 台灣再生能源推動效益

我國積極推動再生能源，不僅是回應全球淨零排放潮流，更是為了鞏固國家能源安全、提升產業競爭力、增強社會韌性與促進地方永續發展的關鍵工程。從長期視角來看，再生能源發展的效益可分為能源安全、經濟與產業升級、社會與地方發展、環境永續及國際競爭力五大面向，這些效益將在未來二十年至三十年間逐步累積，並全面影響我國的經濟結構與社會體質。首先，在能源安全方面，我國高度依賴進口化石燃料，供應鏈暴露在地緣政治、國際燃料價格與運輸風險之下。再生能源屬於本土能源，尤其太陽光電、小水力、地熱等皆可分散設置於全台各地，能有效降低對單一路徑供應的依賴，提高能源自主程度。透過建置分散式與在地化的綠能系統，台灣可在面對天災、地緣衝突、國際燃料波動時，維持較高的供電穩定性，同時減少備援燃料庫存與國際採購成本。此外，再生能源搭配儲能系統與智慧調度，更能提升電網韌性，使台灣逐步從「高度依賴進口」的能源結構，轉型為「以本地綠能打造安全網」的永續能源體系。

再者，在經濟發展與產業升級上，再生能源推動已成為全球供應鏈競爭的核心門票。國際品牌紛紛要求供應商使用綠電，RE100、歐盟 CBAM 等規範使綠電需求成為台灣企業的生存條件。我國若能穩定供應綠電，不僅可協助電子、半導體、金屬、機械等主力產業降低碳足跡，也能吸引國際投資者強化在台布局，使綠能成為招商與產業升級的重要戰略工具。同時，風電、太陽光電、地熱與儲能產業鏈的本地化，將帶動材料、工程、維運、設備製造、人才訓練等跨領域需求，

形成新的綠能產業生態系。這不僅能創造大量綠能就業，更能提升台灣在區域能源經濟中的技術影響力，使「台灣綠能競爭力」成為國家新的成長引擎。

在社會韌性與地方發展層面，再生能源的效益更為深遠。以近年西南沿海養殖區受強颱造成停電的案例為例，若能及早建置再生能源搭配儲能、微電網與自備電源，將能有效降低停電風險，保障農漁業生計，避免因電力中斷造成重大損害。再生能源若以社區共創、地方參與、共享機制推動，亦能帶動地方收益回饋、青年返鄉就業、創生型能源合作社，以及在地企業的投入，讓能源轉型不再是中央主導，而是地方共同營造的永續工程。此外，透過「漁電共生」「屋頂光電」「小水力＋生態評估」等模式，能源設置能與產業、景觀、文化及環境共融，改善地方公共建設與生活品質，使綠能從單純的供電工具轉型為地方治理的重要策略。

環境效益方面，擴大再生能源能有效減少溫室氣體排放，是達成 2050 淨零的重要支柱。再生能源能降低燃煤與燃氣使用，改善空氣品質，減少健康風險與社會成本。同時，再生能源若以複合利用方式推動（如漁電共生、地面型與資源回收用地結合、屋頂光電與節能並行），更能減少土地衝擊，促進土地永續利用。搭配綠電憑證、碳權、電力市場改革，我國也能在未來國際碳定價與減量制度中掌握策略主動性。

最後，在國際競爭力面向，再生能源不僅是台灣的能源政策，更是外交與產業競爭的重要資產。當全球供應鏈逐步要求生產商具備低碳製造及使用淨零電力之能力，透過加速再生能源部署將使台灣維持出口競爭力並強化國家形象。綠能技術輸出也能讓台灣在國際合作中扮演關鍵角色，推動區域能源治理、共享技術、共同研發與人才交流，使台灣由能源需求者轉型為綠能技術的提供者。

我國推動再生能源的未來效益並非單一面向，而是涵蓋能源安全、產業競爭力、社會韌性、地方永續與國際地位的全面性轉型。再生能源將成為支撐台灣下一階段國家發展的重要基礎工程，使台灣在面對全球淨零趨勢、產業變革與極端氣候風險時，能以更強的韌性與更高的自主性持續向前。若能持續深化治理制度、強化地方參與並兼顧環境永續，我國的能源轉型不僅能達標，更將成為塑造台灣未來三十年競爭力的關鍵力量。



範例考題

1. 我國於何年正式宣示 2050 淨零排放目標？
(A) 2018；(B) 2019；(C) 2021；(D) 2023
2. 我國推動能源轉型的方向為「展綠、增氣、減煤、非核」，其中「展綠」指的是下列何者？
(A)擴大能源儲存；(B)提升再生能源占比；(C)降低電力使用；(D)發展核能電廠
3. 2022 年我國公布之淨零路徑與戰略，使再生能源政策從倡議進入下列何種階段？
(A)設備研發階段；(B)具量化目標與治理架構；(C)放任市場自行發展；(D)停止補助階段
4. 下列何者為 2024 年所提出的「二次能源轉型」強調的兩大主軸？
(A)多元綠能與深度節能；(B)核能重啟與擴大火力發電使用；(C)降低碳稅與增加煤電；(D)補貼燃氣與放寬二氧化碳排放標準
5. 截至 2025 年 9 月，台灣再生能源裝置容量主力列何者？
(A)地熱與海洋能；(B)水力與煤電；(C)生質能發電；(D)太陽光電與離岸風電
6. 太陽光電之推動方向為「屋頂優先 × 地面複合」，其中地面型光電以下列何者為主？
(A)漁電共生專區、不利耕作或受污染土地、鹽灘地等；(B)森林保護區；(C)工廠與大樓屋頂；(D)優良農地
7. 離岸風電政策強調「公對公協力」，其目的下列何者正確？
(A)放寬漁業規範限；(B)減少民間投資；(C)僅由政府獨資；(D)提升國際融資與海域審查協作
8. 地熱推動策略除技術外，特別要求重視以下哪個面向？
(A)僅由企業自行探勘；(B)原住民族諮商與國家公園規範檢討；(C)禁止國際合作；(D)提高業者前期開發風險

9. 我國推動再生能源之能源安全效益主要來自於下列何者？
(A)增加國際燃料採購；(B)關閉在地能源系統；(C)降低儲能比例；(D)減少對進口燃料的高度依賴
10. 再生能源能強化台灣產業競爭力的原因，下列何者正確？
(A)綠電只影響住宅用電；(B)國際完全不關心碳排議題；(C)全球供應鏈要求綠電與低碳製造；(D)產業不需用電

ipAAS

考題解析

1. **Ans (C)**

我國於 2021 年正式宣示 2050 淨零排放，並因此帶動能源治理由「擴量型」轉為「系統性減碳 × 社會轉型」。

2. **Ans (B)**

行政院自 2016 年起以此方向推動能源轉型，其中「展綠」指擴大再生能源。

3. **Ans (B)**

2022 年公布淨零路徑與十二項戰略，使政策從倡議走向具路徑、量化與跨部會治理架構。

4. **Ans (A)**

本階段不再只強調擴量，而是多元綠能 × 深度節能 × 韌性治理。

5. **Ans (D)**

依據再生能源統計月報之數據，截至 2025 年 9 月之主要再生能源設置量，仍以太陽光電與離岸風電為主。

6. **Ans (A)**

地面型需採複合利用，以 漁電共生專區、工業區、污染地、鹽灘地 為主，避免與良田競合。

7. **Ans (D)**

政府強調跨部會審查、國家融資保證、海域空間治理，以降低風險並提升投資可行性。

8. **Ans (B)**

地熱潛力大多位於東部與原民地區，開發需兼顧 原民諮商、保護區規範、國際合作、風險補助。

9. **Ans (D)**

台灣進口能源佔 9 成以上，地方化綠能、分散式能源能提升自主安全與災害韌性。

10. **Ans (C)**

國際品牌與 RE100 要求低碳及綠電使用，綠電已是供應鏈生存門票。

3.3 綠電採購模式與制度

近年來，跨國品牌與大型企業紛紛將永續作為企業競爭力的重要指標，除了設定自身的減碳與綠電目標外，也開始要求其全球供應鏈必須同步降低產品碳足跡，並在製程中逐步導入再生能源。對以出口導向為主的台灣而言，這樣的趨勢不僅是國際環保風潮，更直接影響國內企業的市場存續。許多台灣廠商位居國際供應鏈關鍵零組件製造位置，若無法響應國際品牌的綠電採購要求，恐將面臨被替代或喪失訂單的風險。因此，提升生產過程的綠電使用比例，已不再只是形象宣示，而是進入國際市場的必要門票。

隨著綠電需求快速擴張，企業的角色也逐漸從「電力消費者」轉變為必須主動選擇電力來源的「能源規劃參與者」。企業不僅需要購買電力，更必須理解電力究竟從何而來、是否符合碳中和與再生能源證書要求、能否依照生產時段供應，以及如何在電力轉供機制與結算方式中取得最適合的綠電組合。

換言之，企業必須了解不同再生能源供應模式的特性，包含綠電購售合約、企業自建電廠、與他人合作共享電力設施、或透過電力轉供與證書交易來取得綠電資格。此外，不同發電類型如太陽光電、風力發電或生質能源，其發電時段、穩定性與可調度性均有所差異，企業唯有評估用電曲線與生產排程，才能選擇真正貼近自身營運型態的綠電來源。

因此，企業採用再生能源不再只是單純「購電」行為，而是策略性能源管理的一部分。如何選擇綠電、如何在供應模式與電網結算間做出精準決策，將成為企業競爭力的重要關鍵。掌握能源知識與用電需求匹配，不僅能符合跨國企業採購條件，也能於全球淨零浪潮中取得市場優勢，成為企業永續與商業策略的核心。

1. 企業的綠電使用模式

目前我國企業綠電的使用模式主要有兩種（如圖 13 所示），模式（一）是透過自設的再生能源發電設備進行自發自用，模式（二）是通過台電的電力系統將再生能源電廠的綠電轉供至使用端。兩者之差異為前者電力生產與使用都在同一

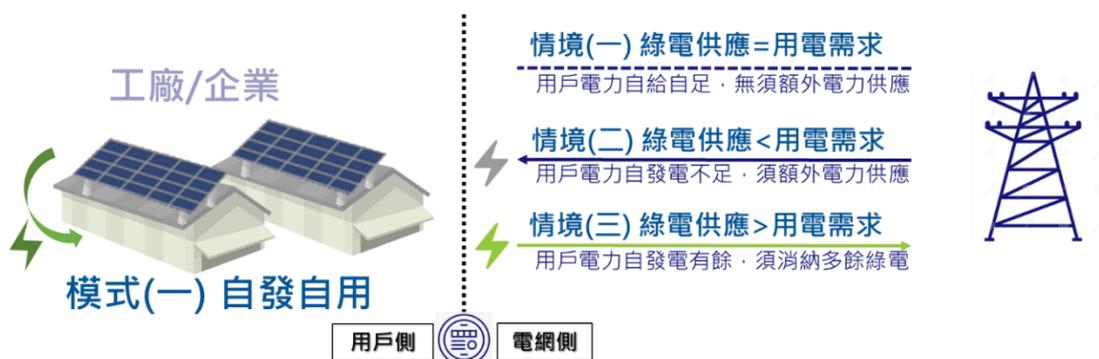
個場所，後者電力生產與電力使用屬於不同場所，電力生產後需透過電網送至電力使用端。



圖片來源：工研院

圖 13、綠電使用模式

如以模式（一）自發自用為例，企業將同時具備有電力生產者及電力使用者的角色，企業對於電力供給與需求將產生三種情境（如圖 14 所示），（情境一）綠電發電量等同於用電量、（情境二）綠電發電量小於用電量、（情境三）綠電發電量大於用電量。當綠電發電量等同於用電量時，表示每一度綠電都即刻被企業使用；當綠電發電量小於用電量時，企業除了使用綠電外，還需依賴外部的電力供應，才可完全滿足企業用電需求；當綠電發電量大於用電量時，綠電量超過企業用電需求，綠電則必須傳輸到其他地方或運用其他方式儲存起來。依據現行台電的制度下，當發生情境二或情境三時，台電公司就會扮演者電力消納或額外電力供應者的角色。



圖片來源：工研院

圖 14、模式（一）自發自用之綠電供給情境

若企業透過綠電轉供的模式來取得綠電，雖綠電的生產者不在是企業本身，但綠電供給跟需求也將面臨前述三種情境的問題（如圖 15 所示）。在情境（一）與情境（三）的情況下，企業電力使用全數都可被再生能源替代。而在情境（二）的情況下，則企業電力使用將會有兩種以上的來源，而其中包括來自於台電公司的灰電。



圖片來源：工研院

圖 15、模式（二）綠電轉供之綠電供給情境

2. 企業外購綠電結算機制

按台電公司電力結算之機制[10.12]，係以每 15 分鐘為一個結算時段，而每小時下之四個結算時段的總和即為用戶的用電度數。若將每月不同時間電價段下之各 15 分鐘時段用電紀錄各自累加後，並乘上該時間電價段之費率，其結果即為當月電費單度數及費用。

如以全年度總時數為 8,760 小時估計，台電公司每年對於電力用戶共計有 35,040 次的電力結算，因此企業如規劃將所有需求端電力使用來源由灰電改為綠電者。依照目前台電電力結算制度，前述所有時段的電力結算時綠電供應量需大於或等於用電量，方可符合全用電時段皆為綠電。

依據台電電力結算制度下，可知當企業透過模式（一）自發自用或模式（二）綠電轉供的任一種模式下，都會產生綠電量等同用電量、綠電過多或綠電過少的情境，而因為電力不易大量儲存，該如何讓企業電力需求都可被綠電滿足，將是企業要走向全面使用綠電時需面臨的課題。

而進一步解析每日太陽光電發電量、用電量及轉供電量之關係，從圖 16 可知在①與③的情況下，為綠電轉供電量大於或等於用電量時，企業用電可全數被綠電滿足，且有多餘綠電會躉售給台電公司。反之，在②的情況下，當用電量大於綠電轉供電量時（如在夜間或太陽光電無法發電的時段下），企業電力需求將分別由太陽光電與台電來滿足。



圖片來源：工研院

圖 16、每日發電與用電需求之關係

3. 企業如何規劃綠電採購策略

過去企業在規劃綠電採購策略時，往往以「年度總用電量」作為核心依據，也就是先計算一年整體耗電總量，再推算應採購的綠電比例與數量。這種方式在早期綠電制度尚未成熟時，確實能提供初步估算與政策宣示基礎。然而，企業的用電需求與再生能源的發電供給，皆是隨時間而變動的動態資訊，僅以年度統計數值作為購電依據，無法反映企業實際逐時用電情況。以太陽光電為例，日間發電量較高，夜間則無電力可供應；風力發電不一定在白天發電高峰，其受天氣與季風條件影響而具有高度不確定性；生質能或儲能卻相對具備調度能力，能在缺電時段補足需求。

換言之，若企業採購大量太陽光電，卻沒有對應的白天用電負載或儲能設備，就算名義上買足綠電，實際也可能在夜晚仍仰賴一般電網供電，使綠電使用率與碳減量效益與預期不符。同樣地，倘若企業的生產負載集中於特定時段，而再生能源發電卻無法對應該時段提供電力，即使總量看似足夠，其使用價值仍會大幅折扣。因此，僅以年用電量做決策，等同忽略企業用電的日內變化與再生能源逐時容量因數的差異，使綠電採購失去精準性。

在實務上，企業若要真正提高綠電使用比例，須將關注焦點從「總量採購」轉向「逐時匹配」。逐時用電變化，反映企業在不同時段、不同製程、不同季節的負載差異，而這些差異會直接影響綠電能否被有效使用。例如半導體產業的製程常全天候運行，其用電需求具有較高的穩定性，但也存在週期性負載差；食品加工廠則可能受產線啟停、冷鏈系統運作或夜間作業模式調整而產生不同用電特性。再生能源逐時容量因數也並非固定值，而是依天候、日照角度、風速變動與季節變化而產生差異。因此，企業若希望導入最符合需求的綠電，就必須同時掌握自身逐時用電曲線與各種綠電逐時發電曲線，再將兩者套疊，進行匹配分析，如此才能明確知道哪些再生能源類型適合自身負載，以及最佳化的裝置容量應落在哪個區間。

基於上述需求，本文整理企業綠電導入的評估準則[圖 17]，提出更加具體且可操作的決策流程。首先，企業仍可透過年度用電資料搭配預期導入比例，推算出最大綠電採購量，作為策略願景與長期布局的上限。接著，需求端必須進一步取得自身「逐時用電資料」，這通常需要智慧電錶或能源管理系統（EMS）支援，透過逐時負載分析，建構企業個別的用電曲線。再者，需蒐集再生能源在不同時段的逐時容量因數，例如太陽光電的日照曲線、風力的逐時風速資料、生質能或儲能的可調度能力指標等。最後，透過將「逐時用電」與「逐時綠電供給」兩者進行套疊比較，企業便能清楚掌握綠電在不同時段的使用可能性，判斷是否能滿足需求、是否存在缺口、是否需要搭配儲能系統、以及不同再生能源的最佳裝置容量配置。



圖片來源：工研院

圖 17、綠電導入評估準則

因此，未來綠電導入不再只是追求購買量，更需回歸企業真實的用電需求，透過逐時分析找出最佳化能源組合，並在滿足國際採購要求的同時，真正提升企業能源韌性與碳管理效率。綠電的精準配置將成為企業能源策略的重要核心，不僅關係成本與供電安全，更直接影響企業國際競爭力、永續聲譽與營運模式調整。也就是說，企業不再是單純的綠電購買者，而將成為能源治理的一份子，透過數據分析與電網互動，打造符合自身需求的綠色能源系統，使綠電不只是符號，而是能與生產邏輯同步運作的關鍵資源。

4. 綠電採購契約應注意的關鍵重點[10.11]

企業欲導入綠電，不能僅以年度電力需求作為初步估算，而需進一步建構「用電端逐時需求 × 綠電供給逐時變化」的完整資料架構，才能正確判斷應採購的綠電量與合適的再生能源類型。

綠電供給端必須揭露其「發電量資訊、場址條件、線供應資訊以及調整供電比例能力」等多項資料。供給端需要提供平均年發電量、日/月發電變動情形，以及是否能提供即時發電測試資料，以確認供電穩定度與逐時匹配能力。因此可以透過再生能源發電業或再生能源售電之簡明月報與年報，來了解其供給來源的綠電情況。其中，再生能源發電業者必須定期揭露營運資訊（如圖 18 所示），要求揭露包含設備容量、運轉狀態、供電量、售電量等資訊。另外，發電業月報與

年報也需要提報「營運綜合摘要分析報告」、「業務報告」與「財務報告」，其中「營運綜合摘要」內容要求揭露公司簡要營運狀況、設備現況及重大變動，有助於能判斷該案場之發電能力與穩定性。而再生能源售電業簡明月報（如**錯誤！找不到參照來源**。所示）應揭露項目涵蓋供電量、再生能源轉供量、用戶分類、配售電量等，在年報部分則要求售電業揭露「未來十年供電規劃」、「售電量變化」等。企業可透過這些揭露資料，才能進行供應商評比、風險分析與契約談判。對於追求淨零排放與供應鏈碳中和的產業而言，而透過簡明月報/年報可提供了綠電採購前，幫助了解綠電供應商營運狀況之資訊。

另外，在簽訂 CPPA（綠電採購契約）前，企業必須了解供電義務、供電時程與價格、再生能源憑證處理方式以及履約責任條款。首先，企業應要求合約訂定「最高與最低綠供電量」，包括案場數量、各案場容量及其轉供比例，其次，合約須要求供應商提供「次月供電預測」、「年供電量達成率」以及「供電不足補救措施」，若無補救方案，企業將面臨名義採購綠電卻實際未達標的風險。合約還需明訂設備可用率下限（建議 85%–90%以上），若不強制規範設備可用率，即可能出現設備損壞但不構成違約、導致長期無法供電等情況。

價格條款也是關鍵議題。除約定綠電銷售費率外，簡報指出合約應明訂「餘電差價補貼費率，若案場在特定時段供電量超過企業需求，多餘電量無法使用時，由誰負擔差價與如何補貼，是企業在簽約前必須明確釐清的重點。同時，企業若未能取得再生能源憑證，即無法在國際碳盤查或供應鏈要求中認列減碳效益，因此「憑證移轉方式、費用、服務內容」都必須納入合約條款。最後，履約責任也必須契約化，涵蓋設備故障修復期限、緊急替代供電來源、不可抗力免責、購電終止條款以及履約保證金信託機制。企業若忽略履約與違約條款，就可能面臨設備停擺卻無法索賠、供電不足卻無補救機制，甚至被鎖定長期合約卻無終止權的風險。

綠電採購契約為「風險控管、供需匹配、憑證確保與履約機制」所構成的專業合約服務，企業若未在契約前分析風險與擬定保障條款，不但無法真正採用綠電，甚至可能因履約爭議增加營運成本，而非降低碳風險。因此，綠電合約的本

質不是單純交易，而是長期能源策略與風險治理的結合。真正的企業永續，不是買綠電，而是管理綠電。

報告	編號	表單	傳統能源發電業	再生能源發電業
營運綜合摘要 分析報告	1.	(內容自擬)	V	V
	2.	表 3-1 裝置容量	V	V
	3.	表 3-2 發電量	V	V
	4.	表 3-3 發電設備運作情形	V	V
	5.	表 3-4 燃料耗用量	V	V
	6.	表 3-5 機組停機容量	V	V
	7.	表 3-6 發電機組之空氣污染排放量	V	V
業務報告	8.	表 3-7 未來10年發電機組設置規劃	V	V
	9.	表 4-1 售予公用售電業之售電量	V	V
	10.	表 4-2 售予再生能源售電業之售電量		V
	11.	表 4-3 直供予用戶之售電量		V
	12.	表 4-4 轉供予用戶之售電量		V
	13.	表 4-5 再生能源發電業：未來10年售電計畫		V
財務報告	14.	收支實績比較表	V	V
	15.	調整後之收支實績表	V	V
	16.	年度財務報告	V	V
	17.	最近五年度之資產負債表	V (公開發行之股 份有限公司)	V (公開發行之股 份有限公司)
	18.	最近五年度之綜合損益表	V (公開發行之股 份有限公司)	V (公開發行之股 份有限公司)
	19.	最近五年度之財務分析表	V (公開發行之股 份有限公司)	V (公開發行之股 份有限公司)
	20.	關係企業之關係概況		V

發電業簡明月報、年報之表單項目

月報

報告	編號	表單	傳統能源發電業	再生能源發電業
營運綜合摘要 分析報告	1.	(內容自擬)	V	V
	2.	表 1-1 裝置容量	V	V
	3.	表 1-2 發電量	V	V
	4.	表 1-3 發電設備運作情形	V	V
	5.	表 1-4 燃料耗用量	V	V
	6.	表 1-5 機組停機容量	V	V
	7.	表 1-6 發電機組之空氣污染排放量	V	V
業務報告	8.	表 1-7 發電機組淨尖峰供電能力調整表	V	V
	9.	表 2-1 售予公用售電業之售電量	V	V
	10.	表 2-2 售予再生能源售電業之售電量		V
財務報告	11.	表 2-3 直供予用戶之售電量		V
	12.	表 2-4 轉供予用戶之售電量		V
	13.	收支實績比較表	V	V

圖片來源：工研院

圖 18、發電業簡明月報、年報之表單項目

報告	編號	表單	公用售電業	再生能源售電業
營運綜合摘要 分析報告	1.	(內容自擬)	V	V
	2.	表 2-1 公用售電業：購電裝置容量與購電量	V	
	3.	表 2-2 公用售電業：售電情形	V	
	4.	表 2-3 再生能源售電業：購電裝置容量與購電量		V
	5.	表 2-4 再生能源售電業：售電情形		V
	6.	表 2-5 公用售電業：未來 10 年售電計畫	V	
	7.	表 2-6 再生能源售電業：未來 10 年售電計畫		V
	8.	表 2-7 公用/再生能源售電業：未來 10 年購電計畫	V	V
	9.	附表 4 公用售電業之售電量明細：電燈營業用戶（依行業別）	V	
	10.	附表 5 公用售電業之用戶數明細：電燈營業用戶（依行業別）	V	
	11.	附表 6 公用售電業之契約容量明細（依行業別）	V	
	12.	收支實績比較表	V	V
	13.	年度財務報告	V	V
	14.	最近五年度之資產負債表	(公開發行之股份有限公司)	(公開發行之股份有限公司)
	15.	最近五年度之綜合損益表	(公開發行之股份有限公司)	(公開發行之股份有限公司)
	16.	最近五年度之財務分析表	(公開發行之股份有限公司)	(公開發行之股份有限公司)

售電業簡明月報、年報之表單項目

月報

年報

報告	編號	表單	公用售電業	再生能源售電業
營運綜合摘要 分析報告	1.	(內容自擬)	V	V
	2.	表 1-1 公用售電業：購電裝置容量與購電量	V	
	3.	表 1-2 公用售電業：售電情形	V	
	4.	表 1-3 再生能源售電業：購電裝置容量與購電量		V
	5.	表 1-4 再生能源售電業：售電情形		V
業務報告	6.	附表 1 公用售電業之售電量明細：電燈營業用戶（依行業別）	V	
	7.	附表 2 公用售電業之用戶數明細：電燈營業用戶（依行業別）	V	
	8.	附表 3 公用售電業之契約容量明細（依行業別）	V	
財務報告	9.	收支實績比較表	V	V

圖片來源：工研院

圖 19、再生能源售電業簡明月報、年報之表單項目



範例考題

1. 企業在綠電需求加速下，其角色由「電力消費者」逐漸轉變為下列何者？
(A)傳統電力輸出者；(B)能源規劃參與者；(C)火力發電投資人；(D)用電削減監督者
2. 企業取得綠電，可透過以下哪種方式？
(A)自設再生能源設備自發自用或向綠電市場採購綠電；(B)自行使用柴油發電；(C)僅能向國外購買；(D)要求台電提供百分之百再生能源電力
3. 自發自用模式下，企業同時扮演以下哪兩種角色？
(A)用電者與儲能供應者；(B)燃料供應與輸電者；(C)發電者與用電者；(D)電網投資者與審查者
4. 當綠電供應大於企業用電需求時，依現行制度通常會？
(A)放棄電力不用；(B)按餘躉購合約由公用售電業(台電)買回；(C)企業須自行裝設儲能電池儲存，否則會罰錢；(D)由綠電採購企業自行尋找並販售給其他電力用戶
5. 台電計費制度以每幾分鐘為一個結算時段？
(A) 5 分鐘；(B) 55 分鐘；(C) 10 分鐘；(D) 15 分鐘
6. 若企業透過轉供模式取得綠電，但夜間供應不足，則電力來源為下列何者？
(A)全由綠電供應；(B)由其他企業用不完的綠電補足；(C)太陽光電搭配台電供電；(D)無其他電力來源
7. 企業選用太陽光電為來源之綠電時，主要限制在於以下何者？
(A)太陽光電屬不間歇能源，無特別限制；(B)夜間無法發電，需搭配台電供應；(C)必須與風電綁定購買；(D)台灣太陽光電太少，不易取得
8. 評估企業綠電需求及採購額度時，應同時評估以下哪一項因素？
(A)台灣電價是否凍漲；(B)公司產品價格；(C)國際燃料價格；(D)企業用電曲線與再生能源發電時段

9. 為使綠電真正符合企業生產排程，企業應採取以下何種策略？
(A)全年平均綠電即可；(B)可僅依成本選便宜綠電；(C)只需購買更多 T-REC；
(D)分析生產用電特性與逐時匹配綠電供應
10. 下列企業綠電使用模式最終目的，何者正確？
(A)使電力來源透明、符合低碳要求並與用電行為相匹配；(B)降低能源知識需求；(C)完全脫離台灣電網；(D)不用再支付電力使用費用



iPaaS

考題解析

1. **Ans (B)**

企業不再只是被動購電，而需評估：綠電來源、供電時段、採購模式、成本與碳揭露，因此轉變為能源規劃與管理參與者。

2. **Ans (A)**

常見綠電取得來源包含：自設再生能源發電設備、於第三地自設再生能源發電設備並轉供自用、向再生能源發電業或售電業購買再生能源電力等。

3. **Ans (C)**

企業自設光電或風機，自行發電後自行使用，因此同時是發電者＋用電者。

4. **Ans (B)**

供電過剩無法自用者，可依躉購制度由台電收購，非自行販售，也不強制儲能。

5. **Ans (D)**

每 15 分鐘為計費時段，用電與綠電必須在此時段「逐時匹配」，不是年平均。

6. **Ans (C)**

轉供模式下，若綠電不足（例如夜間無光電），須由台電補足灰電供應。

7. **Ans (B)**

太陽光電具間歇性，只能供應日間，企業須以台電補足。

8. **Ans (D)**

綠電採購須與企業逐時用電相匹配，不能只看年用電量。

9. **Ans (D)**

用電量及發電量需逐時配對，使每個 15 分鐘結算時段均符合綠電要求。

10. **Ans (A)**

綠電採購＝不只是買「證書」或「電力」，而是確保來源合法 × 低碳 × 能與用電行為相符 × 可供查驗。

本章節參考文獻

1. International Energy Agency. (n.d.). Renewables – Energy system.
<https://www.iea.org/energy-system/renewables>.
2. International Renewable Energy Agency (2015). Overview of renewable energy. IRENA. <https://www.irena.org/publications>.
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (2011). Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/>.
4. United Nations. (n.d.). What is renewable energy? United Nations Climate Information. <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>.
5. 經濟部 (2023), 《再生能源發展條例》, 資料來源: 全國法規資料庫, <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0130032>
6. 經濟部 (2022), 《再生能源發電設備設置管理辦法》, 資料來源: 全國法規資料庫, <https://www.law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0130041>
7. 周承志 (2022), 開源節流 綠能好學堂 - 綠能篇, 工業技術研究院綠領減碳推動人才養成班 (第五梯) 上課講義。
8. 吳明哲 (2025), 推動河川小水力發電政策及概況, 第八屆小水力發電發展論壇會議簡報。
9. 行政院國家發展委員會 (2022), 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明, 行政院國家發展委員會。
10. International Renewable Energy Agency (2023). World energy transitions outlook 2023: 1.5°C pathway (Summary report). IRENA.
11. International Renewable Energy Agency (2023). World energy transitions outlook 2023: Volume 2. IRENA.
12. 周承志 (2022), 企業的綠電需求及如何導入, 工研院產業學院淨零永續課程之專題演講, 2022 年 3 月 23 日。

13. 台灣電力股份有限公司電能轉供及併網型直供營運規章，檢自 <https://service.taipower.com.tw/powerwheeling/static/file/1080613%E9%9B%BB%E8%83%BD%E8%BD%89%E4%BE%9B%E5%8F%8A%E4%BD%B5%E7%B6%B2%E5%9E%8B%E7%9B%B4%E4%BE%9B%E7%87%9F%E9%81%8B%E8%A6%8F%E7%AB%A0.pdf>，瀏覽日期：2025 年 11 月 22 日。



▶ 主辦單位



經濟部產業發展署
Industrial Development Administration, MOEA

▶ 執行單位



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

115 年版 版權所有 © 經濟部產業發展署

