



物理學在 綠建築上的 應用

中華民國逢甲建築協會／楊文杉 建築師



十 前言

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 預估從 1990 年到 2100 年之間，全球氣溫將升高 1.4°C 至 5.8°C。全球 84 個國家於 1997 年 12 月在日本京都府京都市的國立京都國際會館所召開聯合國氣候變化綱要，總計 84 個國家簽署京都議定書。目標「將大氣中的溫室氣體含量穩定在一個適當的水平，以保證生態系統的穩定性、食物的安全生產和經濟的永續性」。

一、綠建築是甚麼？

因應全球暖化、氣候變遷等科學數據揭露，國際間降低碳排放及節能減碳之議題在這一二十年間持續發酵。在建築領域中最具指標性的即為綠建築，國際間至今總共有 26 個以上的綠建築評估系統，臺灣的綠建築於 1999 年訂定，為全世界第三個綠建築評估系統。各國對於綠建築的定義亦有所差異（表 1）。

▼表 1 各國對綠建築的定義

國家／綠建築名稱	綠建築定義
美國、加拿大／綠建築	能源效率與節約、室內空氣品質、資源與材料效率、環境容量
歐洲國家／生態建築、永續建築	多樣化的生態環境、環境保育、定量抑制環境負荷、永續發展
日本／環境共生建築	低環境衝擊、高自然調合、美質適意健康
臺灣／綠建築	在建築生命週期中，消耗較少資源、使用較少能源、及產生較少廢棄物之建築物。就是：生態、節能、減廢、健康的建築物。

二、臺灣的綠建築

臺灣的綠建築分為四大範疇九大指標（表2），其中「生態範疇」中的三項指標主要強化基地內的動植物多樣性及數量。「節能範疇」中的日常節能指標顧名思義以建築物理、

設備的控制達到符合節約能源的目的。「減廢範疇」中的指標與施工及興建較有關係，在此不提及。「健康範疇」中尤以室內環境指標，常常是建築師以物理及設備等環境控制巧思創造更優良的室內環境品質及舒適度。

▼表 2 綠建築的四大範疇與九大指標

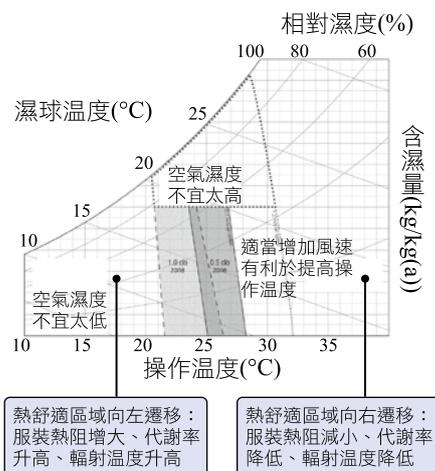
四大範疇	九大指標	與地球環境關係					
		氣候	水	土壤	生物	能源	資材
生態	生物多樣性	✓	✓	✓	✓		
	綠化量	✓	✓	✓	✓		
	基地保水	✓	✓	✓	✓		
節能	日常節能	✓				✓	
減廢	二氧化碳減量			✓		✓	✓
	廢棄物減量			✓			✓
健康	室內環境						
	水資源	✓	✓				
	汗水垃圾改善		✓		✓		✓





十 物理學在綠建築的應用

一個音樂家依其想表達的意境、想法創造一曲樂曲，前提必須是悅耳的，才容易讓社會大眾接受、進而欣賞聆聽。相同道理，一個建築師依其認為的建築美學及設計概念設計一棟建築物，前提必須是讓使用或居住在該棟建築物裡面的人的體驗是舒適的，才是一棟好的建築物。而創造一棟舒適性的建築物經常以人體熱舒適度作為指標。影響人體熱舒適性的室內氣候因素包含氣溫、濕度、氣流及周壁輻射作用（圖 1）。



▲圖 1

• 氣溫

空氣溫度在 25°C 左右時，腦力勞動的工作效率最高；低於 18°C 或高於 28°C，工作效率急遽下降。

• 濕度

最適宜的相對濕度為 50% ~ 60%。在氣溫 16 ~ 25°C 時，相對濕度在 30% ~ 70% 範圍內變化，對人體的熱感覺影響較小，不影響人體舒適性。

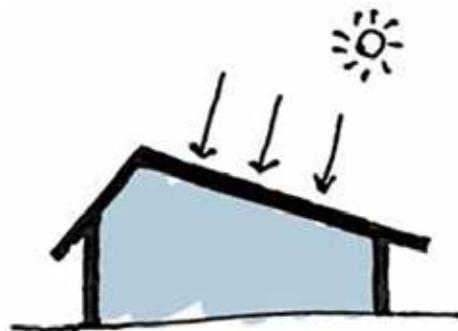
• 氣流

適當且穩定的空氣流動有利於室內人體舒適性，氣流控制區域為高於地板以上 0.1m 和 1.1m 處，且風速應小於 0.3m/s。

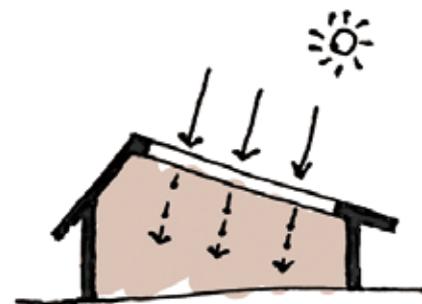
• 周壁輻射作用

處於亞熱帶氣候區的臺灣夏季高溫濕熱，建築設計上將太陽輻射熱源隔離在外較為恰當，減少夏天冷氣的空調負荷。高緯度國家冬天較為寒冷，建築物設計上則較常採用天窗將太陽輻射熱引進室內讓室內較為溫暖，降低暖氣的使用。

建築設計中，除了使用空調設備控制室內溫度及濕度外。建築師亦經常使用環境物理特性而達成想要達到的目的，減少能源的浪費，提高室內舒適性，這就是所謂的綠建築（圖 2）。



低緯度國家較適合將太陽輻射熱阻絕於室外，降低夏天空調負荷。

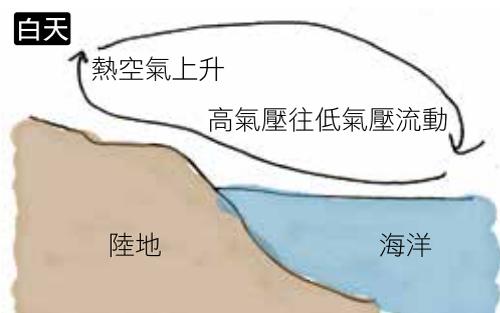


高緯度國家較適合引進太陽輻射熱，降低冬天暖氣負擔。

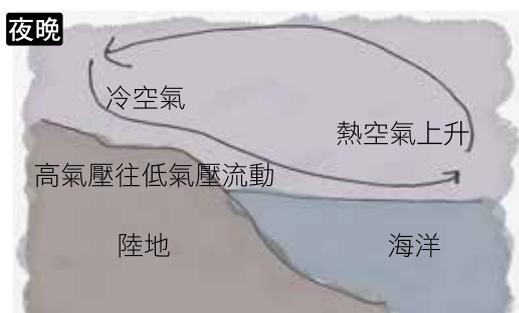
▲圖 2

一、海陸風於建築上的應用 (物理運用：比熱、空氣密度)

海陸風是一種在海岸附近因海陸熱力性質差異而產生的中尺度熱力環流，屬於小範圍天氣系統，對濱海地區的氣候產生較大影響，是大氣次級環流的一種。一般在白天風從海上吹向陸地，稱為海風；在夜晚風從陸地吹向海洋，稱為陸風。海風與陸風合稱為「海陸風」。在亞熱帶地區的臺灣，於建築物理上可運用海陸風的特性在白天引進舒適的氣流，創造室內的舒適環境（圖3）。



陸地為沙、土及石為主要組成元素。海水以水為主要組成元素。陸地比熱小，白天受太陽照射後地表溫度上升較快，海面雖也同時受太陽照射，但因海水比熱大，加上海水混和流動，海面溫度變化較小。



夜晚地表溫度下降較快，海洋溫度變化較小，使得陸地氣溫比海洋小，陸地氣壓比海面高，於是空氣從陸地向海洋流動。

▲圖3

案例：沖繩名護市政廳

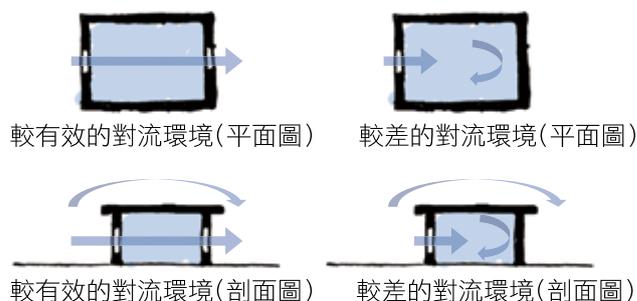
沖繩名護市政廳興建於1981年，建築物外牆立面設計許多隧道型通風引導海陸風，達到夏季室內降溫效果。建築物內甚至不需要設置空調，直到2001年八大工業國會議（G8）於沖繩舉辦時，才終於安裝空調設備（圖4）。



▲圖4 沖繩名護市政廳

二、熱對流的物理特性應用 (物理運用：空氣密度與對流)

建築物室內要通風好，就得了解通風的原理。室內通風可靠「風的對流」與「浮力通風」達成目的。室內風要對流，就一定要有2個以上的風口，包括進風口及出風口，風口可以是窗戶、門、氣孔等，如此有進有出，才能造成對流，若空間只有1個開口，通風效果就會大打折扣（圖5）。



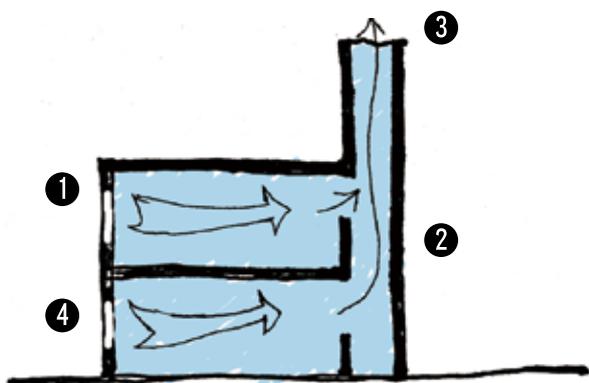
▲圖5



浮力通風則是利用熱空氣上升、冷空氣下降的原理，因此最好進風口低、出風口高，且兩者在對角線，如此對流的區域最大。

很多人以為只要人在家裡，打開窗戶或換氣機就可使空氣變好，其實，居家換氣需得 24 小時隨時保持換氣，才能確保空氣流通，才叫好的換氣環境，除了提升室內的舒適度，亦可把室內人體呼吸所產生的二氧化碳排到室外（圖 6）。

- 步驟 1** 室內因人體發散熱及太陽照射導致室內溫度增高。
- 步驟 2** 熱空氣尋找可行路徑上升。
- 步驟 3** 熱通風井愈高，對流速度愈快。
- 步驟 4** 熱空氣排出後室內空間變成負壓，新鮮空氣自然引進室內。



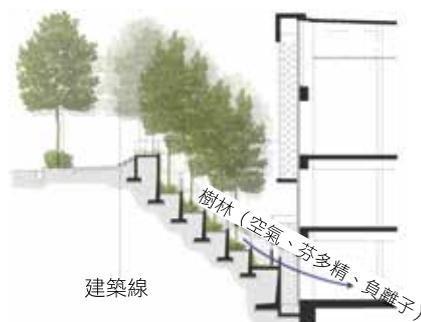
▲圖 6 建築物熱對流效應

案例：臺中某醫療中心

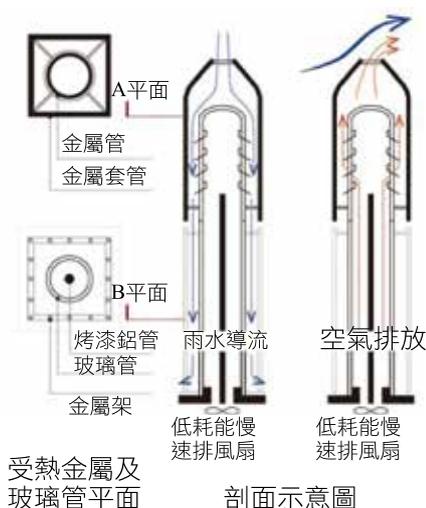
本案例為臺中某醫療中心，由沈芷孫建築師設計。目前尚在設計階段。建築師運用物理通風的熱對流特性，減少夏天空調的使用時數。引進戶外新鮮空氣，且以金屬套管強化熱對流效果，將綠建築設計的概念核心發揮到極致（圖 7 ~ 8）。

使用金屬表面套管（金屬套管材料熱傳導係數高，可以有效將太陽光熱能傳遞至對流井中），以日照將對流井中空氣再加熱，加速對流通風效果。同時使用引導裝置將下雨天之雨水排出。

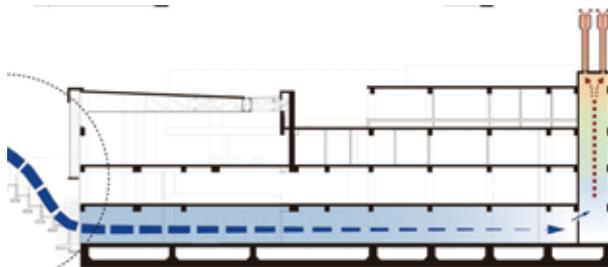
新鮮空氣進口種植樹木，並確保進入室內之空氣為乾淨的新鮮空氣。



新鮮空氣進口



▲圖 7 強化熱對流裝置示意圖



▲圖 8 建築物熱對流案例

三、材料熱傳導的物理特性應用 (物理運用：熱傳導係數、 熱傳透率)

「熱傳導」是透過物質間的直接接觸，將熱由高溫區域流向低溫區域的一種熱傳遞的方式。在液體中，熱傳導是原子的彈性碰撞進行擴散；在固體中，則是因為自由電子的擴散傳遞熱量。金屬是熱的良好導體。這是因為金屬原子間透過金屬鍵結合，形成晶體結構並產生許多的自由電子，透過電子的撞擊與擴散傳遞熱量。

流體（液體與氣體）並非熱的良好導體。這是因為氣體的原子相距較遠，原子間產生的碰撞機率遠低於金屬。當氣體密度較低時（原子碰撞機率也降低），傳導能力也跟著變小。氣體的導熱能力隨著溫度增加而變大，在真空中則完全沒有熱傳導發生。

為了將特定物質熱傳導的能力量化，科學家訂出「熱傳導係數」 k ，其定義為「在單位溫差下，單位時間內垂直通過單位面積、單位距離的熱量」。

傳導係數是物質的特性之一，並與物質的相（固態、液態、氣態）、溫度、密度與分子的鍵結狀況有關（表3）。

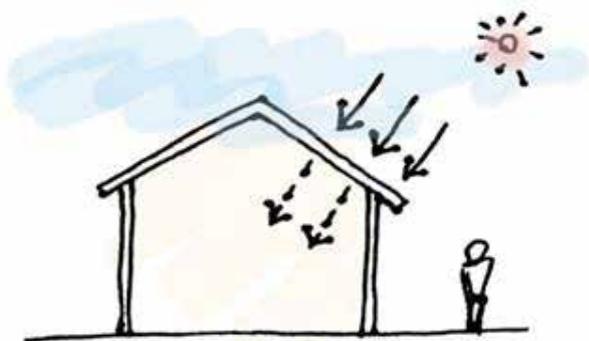
▼表3 建築常用材料熱傳導係數

分類	材料	密度 kg/m ²	k
金屬	鋼材、鍍鋅鋼板	7860	45
	鋁板、鋁合金板	2700	210
	銅板	8960	375
	不鏽鋼板	7400	25
水泥	泡沫混凝土	600	0.17
	輕質混凝土	1600	0.8
	普通混凝土	2200	1.4
	預鑄混凝土	2400	1.5
	水泥砂漿	2000	1.5
	輕型空心磚	1380	0.51
窯業 製品	磁磚、琺瑯披覆	2400	1.3
	紅磚	1650	0.8
	耐火磚	1950	1.1
	陶瓦	2000	1.0
	板玻璃	2540	0.78
土、石	大理石	2670	2.8
	花崗石、岩石	2810	3.5
	土壤（黏土質）	1860	1.5
	土壤（砂質）	1560	0.93
	土壤（壤土質）	1450	1.05
	土壤（火山灰質）	1070	0.47
	砂粒	1850	0.62
	泥壁	1300	0.8
瀝青、 塑膠、 紙	合成樹脂板	1000-1500	0.19
	玻璃纖維強化膠	1600	0.26
	柏油	2230	0.73
	柏油磚	1800	0.33
	油毛氈	1020	0.11
	壁紙	550	0.15
	防潮紙類	700	0.21
纖維材	礦棉	300	0.046
	纖維	200	0.044
	玻璃棉	200	0.042
	玻璃棉保溫板	10-96	0.04
	岩棉保溫材	40-160	0.042
	噴岩棉	1200	0.051
	岩棉吸音板	200-400	0.064

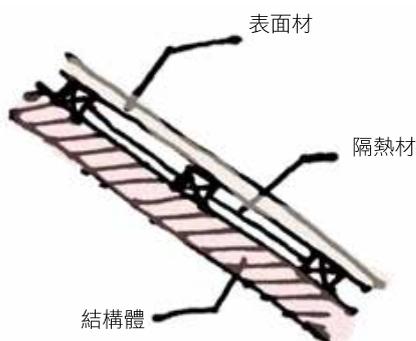


於高緯度國家因應冬天保暖的需求，須將冬天溫暖的空氣保留於室內。於亞熱帶地區的臺灣，建築物的外壁則著重於阻隔太陽熱能。不管高緯度國家外牆的保溫或者臺灣外牆應講求的隔熱，都需要使用熱傳導係數較差的材料阻絕內、外牆之間的熱能傳遞以達到隔熱及保溫的效果（圖 9）。

建築外牆是吸收太陽熱能影響室內環境主要的外部因素，故在建築設計中，選用低導熱係數的材料能有效控制室內溫度。



建築師常常於屋頂中間夾層適當使用導熱係數較差的材料作為屋頂的隔熱材，能有效降低室內熱負荷。



▲圖 9

案例：城市最佳實踐區－漢堡之家

位於上海市的漢堡之家這棟建築物為 2010 年上海世博會由德國漢堡市於上海設計興建的一棟城市場館。

德國漢堡市位於溫帶國家，氣候條件較需要冬天的保溫效果，而上海市的氣候狀況為夏天濕熱、冬天潮冷。建築物的隔熱保溫亦相當重要。

建築師於整棟建築物的外牆設置了 18 公分厚且具有高強度及低熱傳透的創新材料用於對抗冬天酷寒，並運用集中的通風系統達到夏天室內降溫的作用。

這棟建築物於上海世博會期間官方數據顯示，其室外溫度處於 35°C ，而室內溫度則維持在 27°C （圖 10）。



▲圖 10 世博會－漢堡之家模擬概念圖

案例：北投圖書館

位於臺北市北投區，每到假日總是遊人如織的「北投圖書館」，是由建築師張清華所主持的「九典聯合建築師事務所」所設計的建築作品。

此建築物是以木結構為視覺主體，其設計風格可以襯托出空間溫暖調性的作品。

其中木構造因木材質地的不同，熱傳導係數（ k 值）在 $0.2 \sim 0.13$ 之間，而一般混凝土材料約 1.5 左右，在外牆構造形式上已有相當的隔熱性能，又於屋頂覆土設置植栽，一般覆土層熱傳導係數（ k 值）約在 $0.5 \sim 1.0$ 之間，亦能有效隔熱，創造更舒適的室內環境（圖 11 ~ 12）。



▲圖 11 北投圖書館



◀圖 12 北投圖書館的外觀

四、高效熱傳導的熱能交換 （物理運用：熱傳導係數、 熱傳透率）

自 1970 年代初期能源危機以來，一種沒有確定病兆的「症候群」首先在歐美醫學界被發現。該症候群和室內的空氣品質有關，尤其是在新的或重新改建的建築物容易發生。

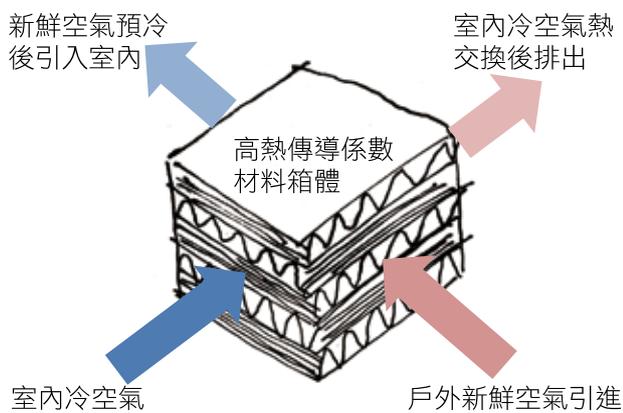
發生該種症候群的建築物通常是密閉的、沒有可開啟的窗戶但具有空調系統，因此該類建築大廈有時被稱為「會致病的大廈」（sick building），而該症候群也就被稱為「病態大樓症候群」（sick building syndrome, SBS）。簡言之，最近幾年來，智慧型大樓成了辦公大樓的主流，這些大樓的通風仰賴中央空調系統，而且室內過度裝潢，加上臺灣高熱的氣候，往往使各種揮發性有機物充斥室內，這些都是潛藏「病態大樓症候群」威脅的重要因子。

現今的建築物從辦公空間到住宅幾乎免不了空調設備的設置，而室內長時間開啟空調系統會造成室內空氣品質隨著時間增加而愈差，尤其是人體呼吸所增加的二氧化碳濃度會提升，而空調設備主要功能為降低室內溫度提高舒適度，無法有效將空氣中二氧化碳等物質分離，故好的空調系統應定時的引進新鮮空氣，將室內的髒空氣排出。



由於室內外的溫差大，將新鮮空氣引入的過程中也會提高室內溫度造成空調的額外負擔。所以在大型空調系統中常常使用「全熱交換機」引進戶外新鮮空氣進行預冷的工作，減少空調系統的負擔（圖 13）。

全熱交換系統的核心在於高導熱係數的導熱版，室內排出的混濁空氣和室外進入的新鮮空氣通過導熱版進行溫度交換，室內空氣將大部分新鮮空氣的熱能帶走，預先將戶外新鮮空氣進行預冷。



▲圖 13 全熱交換機熱交換原理

參考資料

表 2 綠建築解說評估手冊

表 3 建築節約能源設計技術規範

圖片來源

圖 1 美國空調協會研究

圖 4 <https://www.herenow.city/zh-tw/okinawa/venue/nago-city-hall/>

圖 7、8 沈芷孫建築師

圖 10 http://blog.sina.com.cn/s/blog_65d060d20100h0lj.html

圖 11 <https://www.travel.taipei/zh-tw/attraction/details/212>

圖 12 <http://www.filmcommission.taipei/tw/MessageNotice/NewsDet/3545>

節能科技 認識與現況

能源與節能工作坊召集人／
蔡振明 老師

十 開課動機

1. 介紹最新節能科技知識，並能落實於國民生活中。
2. 讓學生了解節能科技的發展，將來能配合國家的節能政策。
3. 了解節能科技的世界趨勢。

十 教學流程安排

本課程規劃為 1 節課的時間，教師可依學生狀況增加討論時間，延伸為 2 節課。

教學活動	課程說明	時間 (分鐘)
引起動機	生活需要能源，能源數量有限，必須適當管理與使用，方可節省荷包，又生活舒適。教師可利用「能源資訊通訊 (EICT) 入口網站」拍攝的 1 分鐘短片，以引起動機。  (家庭能源管理系統，1 分鐘，網址： goo.gl/xsdXi4)	2
課程內容	一、建築節能、綠建築、智慧綠建築	13
	二、區域供冷供熱	10
	三、智慧電網及能源管理系統	6
	四、電力儲存與輸送	7
	五、國際電力輸送系統	7



十 教學建議

一、綠建築介紹

建築節能、綠建築、智慧綠建築如下列影片，請教師選用 2 ~ 3 則，師生共同討論。如果時間許可，請教師介紹綠建材—低輻射 (LOW-E) 玻璃。

影片名稱	長度 (分鐘)	連結
台達電智慧綠建築	10	 1 goo.gl/GCMQeo
綠建築—隔熱篇	2	 2 goo.gl/NGW9xn
綠建築—水資源篇	2	 3 goo.gl/CTk1TH
成功大學綠色魔法學校	3	 4 goo.gl/ZUPcbH
冬暖夏涼的低輻射 (LOW-E) 玻璃	×	 5



▲圖 1 成功大學綠色魔法學校

二、區域供冷供熱

全球能源最大的消耗項目是空調，如果採取區域集體區域供冷供熱方式 (District Heating and Cooling System, DHC)，可節約能源 25 ~ 50%，是未來社會必需的節能措施，請教師選用下列影片，師生共同討論。

- 想一想：總統選舉，提出此政見，是否會增加選票？

影片名稱	長度 (分鐘)	連結
香港區域供冷	5	 6 goo.gl/X5Rg8q
哈爾濱汗水供冷供熱	5	 7 goo.gl/AQSfb1
臺灣焚化爐供冷供熱	2	 8 goo.gl/Vcwbm7

三、智慧電網及能源管理系統

智慧電網的投資相當昂貴，但大約可節省 15% 電力消耗，主要原理如下：

1. 目前發電方式的主流趨勢是分散化、區域化、小型化、甚至家庭化。因此，如何把分散的電力併網，是十分重要的投資。以往電力只能從發電廠，單向傳輸到用戶，但現在需要把用戶的發電，雙向傳輸到電網。
2. 智慧電網可提供「用電端與發電端」的大數據，使燃煤的基載機組、燃氣的中載機組、與抽蓄水力及燃氣渦輪機等尖載機組，適時適量發電，電力分配達到最佳化，避免「要 5 毛給 1 塊」，而產生大量剩餘電力。
3. 智慧電網約可減少 35% 的停電事件。

4. 創造「有感用電」，讓大家知道：哪些電器正在不合理耗電，以便立即進行管理。
(研究顯示：有感用電，可節能約 15%)
5. 用電異常與建議：例如竊電、漏電等警告。
(我國每年竊電數量：彰化縣約 3 億元、屏東縣約 1 億元)
6. 智慧電網可提醒大家，該在什麼時段用電最便宜？例如，丹麥風力約占全國發電裝置容量的 50%，但在風力豐盛的期間，丹麥風力約可發出全國電力需求量的 140%。由於再生能源的高度「不穩定性」，因此再生能源發達國家，需要透過智慧電網，隨時通知用戶「時間電價」——發電多的時段，價廉；發電少的時段，價高。這些國家偶有「負電價」產生，就是「倒貼」若干費用，鼓勵大家把電用掉，以避免輸配電系統損壞，這在綠能發達的歐美國家，已是常見現象。例如：

(1) 2017.7.15 經濟日報：「加州太陽能生產的廉價電力充足，當地輸電系統出現負電價（賣方付費給買方，以鼓勵用電）的情況漸成常態。報告指出，2017 第 1 季出現……電價低於零的情況共逾 50 個小時，包括電力需求旺盛的下午時段。」

(2) 2018.1.3 科技新報也報導：「德國在過去兩年大約投入了 2,000 億美元於再生能源發展，然而這巨額投資卻造成了「負電價」（negative price）現象，在需求不多的假日或節慶，電力賣方甚至要付費給買電方。」

- 請教師選用下列影片，師生共同討論。

影片名稱	長度 (分鐘)	連結
智慧電網	3	 goo.gl/Xeh7Ar

四、電力儲存與輸送

傳統的電力儲存，大多採「物理方式」，例如我國的明潭抽蓄水力電廠，但受限於水庫容量，儲存量有限。近年來，各國開始研究「化學方式」儲電，以擴展儲能數量。例如於 2013 年在德國斯圖加特 (Stuttgart) 設立的 Power to Gas (簡稱 P2G) 儲電示範工廠，其主要原理是利用剩餘電力產出氫氣作為臨時的儲能系統（也就是能源緩衝器的概念），而在需要電力時，利用氫氣釋出電力。

根據周湘滢 2016 撰寫的《再生能源與微電網之電力品質改善技術》一文指出：「Audi 汽車公司建置 P2G 儲能設備，6MW 的風力可以轉換出 1300 立方公尺的氫氣。2015 年由 HanseWerk 委託建造 P2G 電廠，可將風能轉換為氣體儲存，其轉換效率為 72%。氫氣發電比起太陽能及風能，更沒有氣候及時間限制。」

P2G 電廠的成本相當昂貴，尚處於研發階段。以目前歐洲電價來評估，一般燃氣電廠都可能虧損，更何況 P2G 電廠的建置成本，是燃氣電廠的數倍。但德國聯邦經濟及科技部，在 2017 年仍然投資 2 億歐元以上，用於試驗再生能源的儲電新技術，可見其遠景頗受重視。

- 請教師配合下列影片，進行介紹。

影片名稱	長度 (分鐘)	連結
歐盟 P2G 電力儲存技術	3	 goo.gl/ZU82C2
臺灣抽蓄式水力發電	2	 goo.gl/P537bm



五、國際電力輸送系統

由於再生能源的高度「不穩定性」，因此從歐盟開始，規劃國際電網，目前歐盟 30 餘國已能互相支援 10% 的用電，並將逐漸調高至 20%。以英國與挪威為例，英國冬季是風力發電過剩季節，挪威夏季是水力過剩季節。兩國在 Connecting Europe Facility 基金的補助下，於 2014 年開始建立「挪威 - 英國北海電力互聯線（North Sea Network）」，電纜長度達 730 公里，是世界最長的海底高壓直流（HVDC）電纜。完成後，可使英國與挪威的風力、水力發電，產生「季節性」互補作用。

目前國際電網超過 500 公里以上，大多捨棄傳統高壓交流輸電，改採高壓直流輸電。根據維基百科「高壓直流輸電」條目敘述，其優點如下：

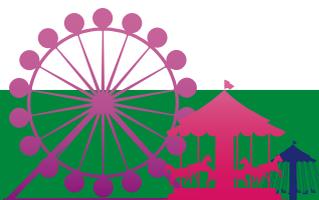
「與傳統交流輸電相比，高壓直流輸電投資較少，電能損耗較低，因此在長距離電能輸送更有優勢，電源點與負荷中心電輸送效率更高。與交流輸電相比，輸出同樣的功率，直流架空線路可節省鋼芯鋁線、鋼材、線路各約 $\frac{1}{3}$ 的造價及線路損耗。」

- 請教師先與學生討論下列影片

影片名稱	長度（分鐘）	連結
跨國智慧電網	4	 goo.gl/kfpVkT

圖片來源

圖 1 http://www.msgt.org.tw/about.php?Type=1&menu=about_class&pic_dir_list=1



學習單

1. 簡述甚麼是綠建築？並上網查一下：綠建築包括哪九項指標？

答：綠建築可定義為：以人類的健康舒適為基礎，追求與地球環境共生共榮，及人類生活環境永續發展的建築設計。

評估綠建築包括九項法定指標：綠化量、基地保水、水資源利用狀況、日常節能、二氧化碳減量、廢棄物減量、汗水垃圾改善、生物多樣性及室內環境舒適性。

2. 區域供冷供熱，對大家有何益處？

答：約可節能 25-50%，可減少國家能源浪費，降低建築物空調支出。

3. 簡述國際在電力儲存與電力輸送的發展現況。

答：國際在電力儲存方面的發展，主要有 4 種方式：鋰離子電池、電轉氣 (P2G)、抽蓄水力、壓縮空氣。

國際在電力輸送的發展現況，線路長度在 500 公里以上，偏向以高壓直流輸電為主。500 公里以下，仍以傳統高壓交流輸電為主。

4. 掃描 QR code，閱讀相關文章，回答以下題目：

智慧電錶如何幫助我們省電？



省電不難，智慧電表教你玩！

答：(1) 就個人而言，「智慧電表」因具有通訊功能，用戶可以透過電腦、手機 App 等，即時了解自己的用電狀況，增加節電的警覺性。

(2) 就國家整體而言，智慧電表是發展智慧電網 (smart grid) 的關鍵環節之一，若能活用其功能、結合其他相關技術及配套措施，初步估計智慧電表可能帶來的應用：

- ① 提高整體能源使用效率
- ② 提高分散式電源或再生能源占整體發電量之比例 (藉由微電網技術)
- ③ 增加供電之彈性
- ④ 降低輸配電損失
- ⑤ 提高電力系統之穩定度與供電品質 (藉由自動修復)
- ⑥ 降低尖峰負載以減少備轉容量 (藉由資訊與通訊科技、需量反應、時間電價)

5. 閱讀以下短文後回答問題。

挪威在豐水期，有許多剩餘電力；英國北海多風的季節，也有許多剩餘電力。所以挪威與英國，開始建立「挪威-英國北海電力互聯線 (North Sea Network)」，電纜長度達 730 公里，是世界目前最長的海底高壓直流 (HVDC) 電纜。完成後，可使英國與挪威的風力、水力發電，產生「季節性」互補作用。由於歐洲 34 國已建立「歐洲電力輸送系統」，因此大家可以在電力方面互相交易與協助，各國不再陷於「電力孤島」的窘境。歐洲諸國從兩次世界大戰到現在的電力互助，為共同的美好生活而努力。

這是否給兩岸三地或亞洲諸國一些甚麼重要的啟示？

(本題可測驗與培養學生的國際視野，並了解國際合作，是世界重要趨勢)